

ANTONIO MARCOS QUADROS CUNHA

**CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS, ESTRUTURAIS, ACÚMULO DE
FORRAGEM E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CAPIM-MASSAI, SUBMETIDO À
ADUBAÇÃO NITROGENADA**

BELÉM, PARÁ

2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – AMAZÔNIA
ORIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

ANTONIO MARCOS QUADROS CUNHA

**CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS, ESTRUTURAIS, ACÚMULO DE
FORRAGEM E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CAPIM-MASSAI, SUBMETIDO À
ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental. Universidade Federal Rural da Amazônia.

Orientador: Prof. DSc. Aníbal Coutinho do Rêgo.

Área de concentração: Produção Animal.

BELÉM, PARÁ

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Cunha, Antonio Marcos Quadros, 1989 –

Características morfogênicas, estruturais, acúmulo de forragem e composição química de capim-Massai, submetido a adubação nitrogenada/ Antonio Marcos Quadros Cunha. – 2016.

Orientador: Aníbal Coutinho do Rêgo.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Campus Castanhal, Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, Belém, 2016.

1. Plantas forrageiras – Adubos e fertilizantes. I. Título.

CDD – 22. ed. 633. 23

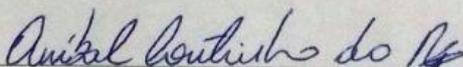
ANTONIO MARCOS QUADROS CUNHA

Características morfogênicas, estruturais, acúmulo de forragem e composição química de capim-Massai, submetido à adubação nitrogenada.

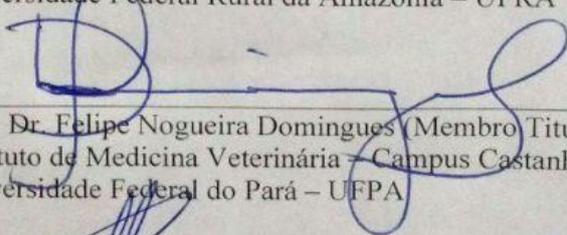
Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental. Universidade Federal Rural da Amazônia.
Área de concentração: Produção Animal.

Data da aprovação. Belém - PA: 29/01/2016.

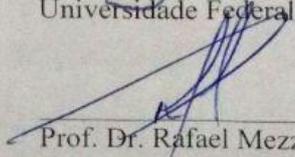
Banca Examinadora



Prof. Dr. Aníbal Coutinho do Rêgo (Orientador)
Instituto de Saúde e Produção Animal – Campus Belém
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA



Prof. Dr. Felipe Nogueira Domingues (Membro Titular)
Instituto de Medicina Veterinária – Campus Castanhal
Universidade Federal do Pará – UFPA



Prof. Dr. Rafael Mezzomo (Membro Titular)
Campus Parauapebas
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Aos amigos, Familiares e principalmente a minha mãe Fátima Lisboa por ter acreditado em meu potencial e ter dado o apoio necessário a realização de meus sonhos, dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pela paciência que tiveram comigo, por terem me apoiado, criado e ajudado a conseguir meus objetivos;

Aos meus Avôs Antônio Curatá (*in Memoriam*) e Maria Clélia por terem cuidado de mim no momento que mais precisei;

A família que sempre me apoiou na longa jornada para conseguir realizar meus sonhos;

A minha namorada Joelma Kyone (xuxu) por ter me apoiado e principalmente pela paciência que teve nesses últimos anos.

Aos amigos Amaral Júnior e Nauara Filho por que tudo começou com vocês, um pela grande amizade e apoio ao outro por ser a pessoa mais bondosa e humilde que conheço ao ponto de ajudar um desconhecido. Obrigado meus amigos.

Aos amigos colaboradores da FEIGA (Tia Edna, Tia Iraci, Romariz, Arquimedes, Senhor João Pires, Adriano, Evaldo, Jander, Thiago, Roni, Fernando, André) por todo apoio durante a realização do trabalho.

Ao meu querido amigo Rodrigo Virgolino por ser essa pessoa fantástica e dedicada no trabalho, por ter tirado todas as dúvidas e ajudado com a parte burocrática do mestrado.

Ao professor e amigo Joaquim Alves Junior do campus da Ufra Capanema por ter disponibilizado os dados meteorológicos do período que foi realizado este trabalho.

Aos grupos de pesquisa GERFAM e GENAFOP pelo apoio, dedicação e principalmente pelas amizades.

Aos amigos que conquistei durante essa jornada, principalmente aqueles que mais tive a oportunidade de conviver (Paulo Henrique, Luiz Eduardo, Deyvid Melo e não podia esquecer e claro de meu grande amigo (irmão mais novo) que me aturou durante dois anos de muito trabalho e dedicação Vitor Hugo Maues).

A Universidade Federal Rural da Amazônia, principalmente ao ISPA pelo apoio concedido para a realização deste trabalho;

A Universidade Federal do Pará, pela oportunidade de cursar o mestrado e pelo apoio concedido para a realização deste trabalho;

Aos professores do departamento de Zootecnia da UFRA pela paciência e dedicação em repassar seus conhecimentos, entre esses um abraço mais que especial a Professora Maria Cristina Manno, Janaina Arruda, Luiz Fernando, Ednaldo Filho, Alex Schierholt pois me ajudaram de forma incalculável;

Ao professor Ebson Cândido e Felipe Domingues pelo apoio e amizade nesses dois anos de trabalho.

Ao professor Cristian Faturi, por ter me ajudado e me orientado durante a graduação e ter se tornado um grande amigo.

Ao professor Aníbal Coutinho por ter sido rigoroso, as vezes muito chato, mais principalmente por querer que todos seus orientados alcancem o sucesso. Te admiro muito, obrigado pelas lições que tive a oportunidade de aprender, obrigado por ter aceitado o desafio de me orientar, obrigado pela sua amizade, enfim obrigado por tudo, por que sem o seu apoio nada seria possível.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para a realização desse trabalho.

“É muito melhor ousar fazer coisas grandiosas, triunfar gloriosamente, mesmo que com alguns fracassos no meio do caminho, do que se igualar àquelas pobres almas que não aproveitam nem sofrem muito, pois vivem na penumbra cinza de quem não sabe o que é a vitória nem a derrota”.

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

Objetivou-se avaliar as características morfogênicas, estruturais, acúmulo de biomassa e composição química de plantas de capim Massai submetidos a seis doses de nitrogênio (0; 100; 200; 300; 400 e 600 kg de N/ha/ano) em um delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições em parcelas de 12 m². Foi utilizada a ureia como fonte de nitrogênio, cujas doses foram divididas em seis aplicações ao longo do período chuvoso, de acordo com os tratamentos. A ceifa da forragem era feita a uma altura de resíduo de 15 cm, sempre que o dossel interceptava 95% da luz incidente em uma medida média de cinco pontos internos na parcela com o aparelho analisador de dossel Accupar modelo LP-80[®]. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão, a significância empregada foi de 5% dos coeficientes linear e quadrático e no coeficiente de determinação. Houve aumento ($p < 0,05$) nas taxas de aparecimento, alongamento e senescência foliar, assim como no número de folhas vivas, número de folhas senescentes, número de folhas maduras, percentual de hastes e número de ciclo de pastejo, todos ajustado a um modelo linear. Em contrapartida diminuíram ($p < 0,05$) filocrono, duração de vida da folha, relação lâmina foliar:haste, dias de descanso, também ajustados linearmente. Os resultados para acúmulo de forragem por ciclo, acúmulo de forragem diária, acúmulo de forragem total e acúmulo de massa seca de lâmina foliar responderam de forma quadrática ($p < 0,05$) a elevação da fertilização nitrogenada indicando efeito direto do nitrogênio no fluxo de tecidos. Observou-se efeito linear e positivo da adubação nitrogenada ($p < 0,05$) para os teores de proteína bruta e matéria orgânica. Efeito negativo ($p < 0,05$) ajustado a um modelo linear para os teores de matéria seca e mineral. Não tendo sido observado efeito ($p > 0,05$) para os teores de fibra insolúvel em detergente neutro, ácido e hemicelulose, componentes esses que limitam a digestão. A adubação nitrogenada favorece a morfogênese, produção de forragem e as características qualitativas de capim-Massai.

Palavras-chave: características qualitativas. folhas. forragem. nitrogênio.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the morphogenic, structural, biomass accumulation and chemical composition of plants of Massai grass submitted to six nitrogen doses (0, 100, 200, 300, 400 and 600 kg of N / ha / year) in a completely randomized design, with six replications in plots of 12 m². Urea was used as the Nitrogen source, whose doses were divided in six applications during the rainy season, according to the treatments. Forage harvesting was done at a residue height of 15 cm, when the canopy intercepted 95% of the incident light at an average of five internal points on the plot with the Accupar model LP-80® canopy analyzer. Data were submitted to variance analysis and regression, the significance level was 0.05 of the linear and quadratic coefficient and the coefficient of determination. There was ($p < 0.05$) an increase in the rates of appearance, length and leaf senescence, as well as the number of alive leaves, number of mature leaves, percentage of stems and number of grazing cycles, all of them adjusted to a linear model. In contrast, the phyllochron, the duration of the leaf's life, the leaf blade/stem ratio and the rest days decreased, also linearly adjusted. The results for the accumulation of forage per cycle, daily forage accumulation, total forage accumulation and accumulation of dry leaf mass corresponded in quadratic form ($p < 0.05$), the increase of nitrogen fertilization means a direct effect of the nitrogen flow in the tissues. There was a positive and linear effect of the nitrogen fertilization ($p < 0.05$) for the crude protein and organic matter content. Negative effect ($p < 0.05$) adjusted to a linear model for the dry matter and mineral content. No effect was observed (< 0.05) for neutral detergent fiber, acid detergent fiber and hemicellulose, which limit the digestion. The nitrogen fertilization favors morphogenesis, forage production and the qualitative characteristics of Massai grass.

Key-words: qualitative characteristics. leaves. forage. Nitrogen.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Média mensal da precipitação pluviométrica (mm) dos anos de 2004 a 2014 e 2015 e da temperatura média (°C) do ano de 2015 do município de Igarapé-Açu, Pará.....	26
Figura 2 - Parcelas experimentais de capim-Massai utilizadas em ensaio experimental de adubação e medições morfogênicas.....	28
Figura 3 – Mensuração da interceptação luminosa (IL) (A) e da altura média do dossel da parcela com auxílio de folha de poliacetato (B), para estimativa da altura média do canteiro no momento do nivelamento.....	29
Figura 4 - Delimitação da área utilizada para avaliação de morfogênese (A), identificação do perfilho com abraçadeira plástica (B).....	30
Figura 5 - Separação morfológica de capim-Massai.....	32
Figura 6 - Quadro de amostragem (A), área da parcela coletada (B) e amostradas nos sacos de papel antes da pré-secagem (C).....	33
Figura 7 - Acúmulo de forragem por ciclo (AFC) de plantas de capim-Massai submetido a doses de nitrogênio.....	43
Figura 8 - Acúmulo de forragem diário (AFD) de plantas de capim-Massai submetido a doses de nitrogênio.....	44
Figura 9 - Acúmulo de forragem total (AFT) e acúmulo de massa de lâmina foliar + haste (AMFLFH) de plantas de capim-Massai submetidas a doses de nitrogênio.....	44
Figura 10 - Acúmulo de massa de lâmina foliar (AMLF) e acúmulo de massa de hastes (AMH) de plantas de capim-Massai submetidas a doses de nitrogênio.....	46
Figura 11 - Número de dias de descanso e número de ciclos de plantas de capim-Massai submetidas a doses de nitrogênio.....	48

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Resultados analíticos da análise de solo realizada no local do experimento.....27
- Tabela 2** - Taxa de aparecimento foliar (TApF), taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento da haste (TAIH), filocrono (FILO), número de folhas vivas (NFV), duração de vida das folhas (DVF), comprimento inicial da haste (CIH) e comprimento final da haste (CFH), taxa de senescência foliar (TSF), número de folhas senescentes (NFS) e número de folhas mortas (NFM), do capim-Massai em função das doses de nitrogênio aplicadas durante o período experimental de 14/02/2015 a 31/08/2015.....36
- Tabela 3** - Percentual de massa seca de lâmina foliar (MSLF%), percentual de massa seca de haste (MSH%), soma de massa seca de lâmina foliar e haste (MSLFH), percentual de massa seca de material morto (MSMM%) e altura de capim-Massai em função das doses de nitrogênio aplicadas durante o período experimental de 14/02/2015 a 31/08/2015.....42
- Tabela 4** - Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose (HEM) de capim-Massai em função das doses crescente de N aplicadas no período de 14/02/2015 a 31/08/2015.....50

LISTA DE SIGLAS

- AFC – acúmulo de forragem por ciclo
AFD – acúmulo de forragem diário
AFT – acúmulo de forragem total
AMH – acúmulo de massa de haste
AMLFH – acúmulo de lâmina foliar e haste
AMLH – acúmulo de massa de lâmina foliar
AMMM – acúmulo de massa de material morto
ATP – adenosina trifosfato
CFH – comprimento final de haste
CIH – comprimento inicial de haste
DD – dias de descanso
DVF – duração de vida da folha
EMBRAPA – empresa brasileira de pesquisa agropecuária
FAD – dinucleótido de flavina e adenina
FDN – fibra em detergente neutro
FEIGA – fazenda escola de Igarapé-açu
FILO – filocrono
HEM – hemicelulose
IAF – índice de área foliar
IL – interceptação luminosa
LDA – lignina em ácido sulfúrico
MM – matéria mineral
MO – matéria orgânica
MS – matéria seca
MSH – massa seca de haste
MSLF – massa seca de lâmina foliar
MSMM – massa seca de material morto
MST – massa seca total
NADH – nicotinamida adenina dinucleotídeo
NADPH – nicotinamida adenina dinucleótido fosfato
NC – número de ciclos
NFM – número de folhas maduras

NFS – número de folhas senescentes
NFV – número de folhas vivas
PA – parte aérea
PB – proteína bruta
PRNT – poder reativo de neutralização total
R – raízes
RFA – radiação fotossinteticamente ativa
RFH – relação lâmina foliar haste
TAIF – taxa de alongamento foliar
TAIH – taxa de alongamento de hastes
TApF – taxa de aparecimento foliar
TSF – taxa de senescência de folhas
UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia

LISTA DE SÍMBOLOS

% – percentagem

Al – alumínio

C – carbono

Ca – cálcio

cm – centímetro

cmolc – centímol carga

cv. – cultivar

dm – decímetro

g – grama

H – hidrogênio

H+Al – acidez trocável

H₂O – água

ha – hectare

K – potássio

K₂O – óxido de potássio

kg – quilograma

m – metro

m² – metro quadrado

Mg – magnésio

mm – milímetro

N – nitrogênio

N₂ – nitrogênio

N₂O – óxido nitroso

NH₄⁺ – amônio

NO₃ – nitrato

°C – celsius

P – fósforo

P₂O₅ – pentóxido de fósforo

pH – potencial hidrogeniônico

t – tonelada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 REVISÃO DE LITERTURA.....	19
3.1 CAPIM-MASSAI	19
3.2 EFEITOS DA ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	21
3.3 CONDIÇÕES AMBIENTAIS.....	23
3.4 INTERCEPTAÇÃO LUMINOSA	24
4 MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO E CARACTERÍSTICAS DO SOLO	26
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	27
4.3 MENSURAÇÕES REALIZADAS DURANTE O EXPERIMENTO.....	29
4.3.1 <i>Características morfogênicas e estruturais</i>	29
4.3.2.1 Relação lâmina foliar:haste	31
4.3.2 <i>Massa de forragem e acúmulo de forragem</i>	32
4.3.3 <i>Ciclos de corte</i>	33
4.3.4 <i>Análise química</i>	33
4.4 PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO.....	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 MORFOGÊNESE E ESTRUTURA	35
5.2 COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA E ALTURA	40
5.3 ACÚMULO DE FORRAGEM.....	43
5.4 CICLOS DE COLETA.....	47
5.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA	48
6 CONCLUSÃO.....	51
7 REFERÊNCIA.....	52

1 INTRODUÇÃO

A pecuária é uma das principais atividades que contribui substancialmente no produto interno bruto do país. Tal importância se dá ao fato da cadeia produtiva ser altamente estruturada, por gerar empregos, renda e fixar o homem no campo. Com características particulares de clima, solo e extensão territorial, o Brasil tem como base na produção de ruminantes o uso de pastagens nativas e cultivadas, sendo estas as fontes mais baratas de alimentos para os animais.

Algumas espécies forrageiras têm se mostrado altamente produtivas e adaptadas ao pastejo nessas condições ambientais, evidenciando assim o potencial produtivo das pastagens tropicais em diversas regiões do país. Particularmente as espécies de plantas forrageiras pertencentes ao gênero *Panicum* têm lugar de destaque na intensificação dos sistemas de produção a pasto, principalmente pela, elevada produção de biomassa, bom valor nutritivo, boa resposta a fertilização e tolerância ao pisoteio (LOPES et al., 2011a).

Dentre os cultivares de maior importância econômica pertencentes à espécie *Panicum maximum* utilizados no Brasil, o capim-Massai se destaca pelo porte baixo, pequeno aumento no alongamento de hastes, boa capacidade de perfilhamento e rebrota após o corte, boa tolerância ao decréscimo de fósforo e à alta concentrações de alumínio no solo e resistência à cigarrinha-das-pastagens (BRÂNCIO et al., 2003; MARTUSCELLO et al. 2001; 2006 e 2015; LOPES et al. 2011a).

A intensificação dos sistemas de produção necessita de ferramentas tecnológicas que melhorem o desempenho produtivo do sistema. A adubação nitrogenada pode antecipar o momento de desfolhação da planta. A definição do momento de desfolhação deve basear-se no objetivo do manejo adotado na pastagem, evidenciando a fisiologia da forrageira, porém a adubação nitrogenada interfere nesse momento, pois influencia na morfosiologia da planta. Segundo Peixoto (2001) quando se aumenta a dose de N aplicada, sem um consequente ajuste da carga animal, no caso de lotação contínua, ou diminuição no intervalo de descanso em lotação intermitente, pode-se estar permitindo aumento exagerado da senescência, acúmulo de material morto e queda na taxa de crescimento da forrageira.

O efeito da adubação nitrogenada é decorrente da maior produção de células evidenciando que, em condições favoráveis de adubação, a divisão celular é favorecida, promovendo aumento da taxa de aparecimento foliar e alongamento foliar, características essas que aumentam o rendimento forrageiro (VOLENEC; NELSON, 1983; MARTUSCELLO et al., 2006).

O efeito do nitrogênio sobre o crescimento do capim-Massai, confere à planta maior capacidade de rebrota, visto que, após a desfolhação, uma rápida recuperação de seu aparato fotossintético pode possibilitar sua sobrevivência na comunidade vegetal. O N assume papel de extrema importância ao favorecer essa recuperação, pois é um nutriente essencial em vários processos fisiológicos (MARTUSCELLO et al., 2001; 2006; 2009 e 2015).

Estudos conduzidos com experimentos à campo tornam-se essenciais para entender a dinâmica de crescimento da planta durante o ano, já que possibilitam a avaliação da gramínea no ambiente que ela será utilizada. Estudos sobre resposta do capim-Massai à fertilização nitrogenada são escassos na literatura nas condições edafoclimáticas que foi conduzido esse estudo, devido principalmente ao tempo de lançamento dessa forrageira. Nesse sentido, existe a necessidade de maiores investigações acerca da contribuição da fertilização nitrogenada nas características quantitativas e qualitativas do capim-Massai.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos da adubação nitrogenada nas características qualitativas e quantitativas do capim-Massai.

2.2 Objetivos específicos

- (i) Avaliar as características morfogênicas do dossel;
- (ii) Avaliar as características estruturais;
- (iii) Avaliar a biomassa de forragem;
- (iv) Avaliar a composição química.

3 REVISÃO DE LITERTURA

3.1 Capim-Massai

O *Panicum maximum* Jacq. é uma das espécies de plantas forrageiras mais importantes para a produção de bovinos nas regiões de clima tropical e subtropical. A cultivar Colônia é a mais difundida e de introdução mais antiga no Brasil. A demanda por sementes dessa cultivar praticamente desapareceu em anos recentes, em virtude de lançamentos de novas cultivares mais produtivas. O uso e o interesse por plantas pertencentes ao gênero *Panicum*, no entanto, têm crescido, provavelmente em virtude de seu grande potencial de produção de matéria seca por unidade de área, ampla adaptabilidade, boa qualidade de forragem e facilidade de estabelecimento (CORREA; SANTOS, 2003).

Dessa forma, já foram lançados no Brasil, por diversas instituições de pesquisa várias outras cultivares de *Panicum maximum*, tais como: Tobiata, Vencedor, Centenário, Centauro, Aruana, Tanzânia, Mombaça e Massai. As cultivares de *Panicum maximum* disponíveis comercialmente são adaptadas a solos profundos, bem drenados e de boa fertilidade.

O cultivo desses cultivares em solos que não satisfaçam essas condições e que não recebam adequado suprimento de nitrogênio tem levado frequentemente à má formação, ou, mais comumente, a baixa persistência sob pastejo, com consequente perda da capacidade produtiva e necessidade de medidas corretivas de recuperação em curto prazo (HERLING et al., 2000).

No Brasil, o gênero *Panicum*, em geral, apresenta boa produtividade, porém práticas inadequadas de manejo e perda da fertilidade dos solos fizeram com que ocorresse a degradação destas pastagens (SOUZA et al., 1996).

A cv. Massai é uma opção forrageira morfológicamente muito distinta das demais cultivares da espécie existentes no mercado. É um capim de porte baixo (altura de 60 cm), com folhas finas e eretas dobrando nas pontas, com pilosidade curta e dura (FONSECA; MARTUSCELLO, 2010).

Dentre os *Panicums* o capim-Massai, possui a melhor cobertura de solo e maior tolerância ao decréscimo de fósforo no solo. Além disso, essa gramínea apresenta maior produção de parte aérea e de raízes em solos com alta concentração de alumínio quando comparado aos cultivares Mombaça e Tanzânia (ALMEIDA et al., 2000), exigindo uma precipitação pluviométrica acima de 700 mm.ano⁻¹, sendo resistente a estiagens prolongadas, além de considerável eficiência na utilização dos nutrientes, características que podem ser

confirmadas pelo desenvolvimento de seu sistema radicular mais adaptado às condições adversas do solo, como compactação, fertilidade e acidez.

Outro aspecto importante de adaptação dessa forrageira está relacionado à sua resistência à cigarrinha-das-pastagens. A Embrapa Gado de Corte (2001) avaliou alguns cultivares de *P. maximum* quanto à resistência à cigarrinha (*Notuzulia entreciana*) e verificou baixos níveis de sobrevivência e prolongados períodos ninfais no capim-Massai, caracterizando-o como pouco adequado ao desenvolvimento desse inseto.

O cultivar massai assim como a maioria dos *Panicums* tem elevado potencial de produção de matéria seca quando submetidos a adubação nitrogenada (BRÂNCIO et al., 2003; MARTUSCELLO et al., 2015), onde recomenda-se a utilização desse cultivar em sistemas de produção intensivos que trabalhem com adubação de manutenção e práticas de correção do solo para melhorar a eficiência da planta em produção de matéria seca de alta qualidade.

Euclides et al. (2008) trabalhando com capim-Massai, manejado sob lotação intermitente, com sete dias de utilização e 35 dias de descanso, sendo pastejado por novilhos encontrou valores no pré-pastejo para o capim-Massai médios de massa seca total 3,5 t.ha⁻¹, de massa seca verde 2,6 t.ha⁻¹, 45,5% de material morto, 12,7% de colmo e 41,8% de lâmina foliar. A massa seca verde e o percentual de lâmina foliar foram maiores no período das águas em comparação ao período seco, com valores respectivos de 2,5 e 1,1 t.ha⁻¹; 57,8 e 24,0%. Enquanto que Brâncio et al. (2003) trabalhando com três cultivares de *Panicum* sob pastejo encontrou valores de disponibilidade de forragem para o cultivar massai adubado com 50 kg de N.ha⁻¹.ano⁻¹ de 4.000 kg MS.ha⁻¹.

No trabalho de Euclides et al. (2008) ainda foram encontrados valores médios de proteína bruta (PB) igual 9,8; fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) igual a 75,8; lignina em ácido sulfúrico (LDA) de 2,7 e 56% de digestibilidade da matéria seca, proporcionando ganhos de peso de 300 g/novilho/dia quando alimentados exclusivamente com esta forrageira (EUCLIDES et al., 2008).

Martuscello et al. (2015) trabalhando com o capim-Massai adubado com doses equivalentes até 240 kg de N.ha⁻¹.ano⁻¹, encontrou efeito linear positivo da adubação nitrogenada para massa seca total (MST), massa seca de lâmina foliar (MSLF) e massa seca de hastes (MSH), não tendo observado efeito para massa seca de material morto (MSMM), afirmando que o aumento da produção do capim-Massai com o incremento das doses de N é explicado pelo fato do N agir como fator controlador dos diferentes processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, proporcionando aumento de biomassa pela fixação de carbono (MARTUSCELLO et al., 2015).

3.2 Efeitos da adubação nitrogenada

O nitrogênio é um dos elementos essenciais para o desenvolvimento e produção das plantas e, segundo Castro (2007), é o elemento mineral requerido em maior quantidade pelos vegetais. Werner (1994) afirma que o nitrogênio é um dos principais nutrientes para a manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, pois é constituinte essencial das proteínas e participa diretamente no processo fotossintético, por meio de sua participação na molécula de clorofila. Sendo assim, sua baixa disponibilidade para a forrageira acarreta em redução na produtividade das plantas iniciando o processo de degradação da pastagem (WERNER, 1994).

O nitrogênio é absorvido pelas plantas nas formas iônicas de nitrato (NO_3) e amônio (NH_4^+), podendo ser adquirido também do ar em plantas que realizam a fixação biológica do nitrogênio (NAIFF, 2007). É distribuído via floema (BREDEMIER; MUNDSTOCK, 2000), apresentando função estrutural no vegetal, fazendo parte de inúmeros componentes celulares como biomoléculas (ATP, NADH_1 , NADPH), proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, enzimas (rubisco), coenzimas (FAD), vitaminas e pigmentos como a clorofila, participando também de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (CASTRO, 2007).

A escassez ou excesso de nitrogênio nas plantas pode causar um estresse nutricional afetando o processo metabólico dos vegetais. Castro (2007), afirmou sobre a grande importância do elemento não só no crescimento, mas também na divisão celular, já que o nitrogênio é constituinte de bases nitrogenadas.

Os sintomas de deficiência ou excesso de um elemento mineral têm semelhança em todas as espécies de plantas (LEAL; PRADO, 2008). Segundo Pozza et al. (2001), os nutrientes exercem funções específicas no metabolismo vegetal, influenciando no seu crescimento e sua produção, assim, um nutriente em níveis anormais pode prejudicar a produção ocasionando um estresse nutricional para a planta (DEON, 2007).

Um excesso de N no meio faz com que a planta vegete muito e armazene menos carboidratos, ou seja, o excesso de N pode gerar um maior crescimento da parte aérea (PA) em relação ao das raízes (R) – maior relação PA/R – e também, em alguns casos, a planta pode ficar mais tempo na fase vegetativa atrasando a floração. O excesso de nitrato pode ser acumulado em vacúolos, mas o amônio em excesso é tóxico podendo, por exemplo, desregular a fotofosforilação oxidativa (SOUZA; CARVALHO, 2000). Segundo Salvador et al. (1999), a

toxidez de N favorece o desaparecimento de outros nutrientes disponíveis para a planta, pois o excesso de um nutriente pode induzir a deficiência de outro.

A adubação nitrogenada é uma prática de manejo utilizada principalmente quando deseja-se aumentar a produtividade dos pastos (DURU; DUCROCQ, 2000; FAGUNDES et al., 2006) em função da resposta crescente alcançada pela mesma sobre a produção de massa seca das plantas forrageiras (MAGALHÃES et al., 2006). Outros aspectos de manejo devem ser levados em consideração antes da prática ser adotada, como o uso de forrageiras com alta capacidade de resposta, estabelecimento dos pastos em solos de boa fertilidade e fracionamento das doses de adubo nitrogenado (LOPES et al., 2011a).

O suprimento de nitrogênio após o corte ou pastejo assume relevante papel para a rápida recuperação das plantas sob desfolhações frequentes, permitindo uma rebrota com elevada taxa de alongamento de folhas e aparecimento de novos perfilhos (MARTUSCELLO et al., 2006), fatores diretamente relacionados à produção de massa seca da planta forrageira. O perfilhamento é uma característica estrutural determinante da plasticidade fenotípica nas plantas forrageiras, influenciada por combinações de fatores nutricionais, ambientais e de manejo sobre as características morfogênicas, alterando a estrutura (GARCEZ NETO et al., 2002).

Após o corte ou pastejo, a adubação nitrogenada é essencial no fluxo de carbono e de nitrogênio para a rebrota (ALEXANDRINO et al., 2004), de acordo com Mesquita et al. (2008), as gramíneas forrageiras tropicais quando adubadas com nitrogênio apresentam rápida rebrota. No entanto se não forem colhidas e ou pastejadas no momento e na intensidade corretas, podem comprometer o valor nutritivo da forragem. Isso ocorre em razão do rápido desenvolvimento dessas plantas, que, a partir de determinado estado fisiológico, deixam de acumular nutrientes altamente nutritivos, ou seja, conteúdo celular, para acumular componentes de menor digestibilidade, representados pela fibra em detergente neutro (FDN) (MESQUITA; NERES, 2008).

Um efeito constatado na utilização de nitrogênio nas pastagens é o aumento dos teores de PB. No entanto, para Gomide (1989), não se deve esperar alteração substancial na composição química da forragem pela adubação com N, em virtude do efeito mais pronunciado na produção de forragem em comparação aos efeitos nos teores de PB. Já Mesquita et al. (2008) trabalhando com cultivares de *Panicum* submetidos a adubação nitrogenada até 400 kg de N encontrou respostas as doses de N com os dados ajustados ao modelo quadrático para o teor de MS e PB com ponto de máximo médio respectivamente de 3.500 kg de MS.ha⁻¹ e 15% de proteína bruta (PB) na forragem, independente da cultivar estudada, com ponto de máximo para

eficiência de utilização encontrado através da equação de derivação de 257 kg de N.ha⁻¹.ano⁻¹ correspondente a eficiência de resposta de 16,8 kg.ha⁻¹ de MS por kg de N aplicado.

Aumentos nos teores de FDN e lignina estão muito relacionados à idade da planta e limitações de fatores de ambiente, sobretudo a precipitação (MOREIRA et al., 2009). A adubação nitrogenada exerce pouca influência nos percentuais de FDN, FDA e lignina, não alterando a digestibilidade da matéria seca de gramíneas forrageiras tropicais, quando essas gramíneas estão em mesmo estágio de crescimento (VAN SOEST, 1994).

Quanto ao perfilhamento resultados na literatura demonstram que o nitrogênio parece atuar de forma indireta na morte de perfilhos na pastagem (AUDA et al., 1966), segundo Moreira et al. (2009) esse efeito ocorre por que o N estimula o turnover de tecidos, aumentando tanto o aparecimento quanto a mortalidade não só de perfilhos, mas também de folhas. Além do efeito sobre a morte de perfilhos o nitrogênio aplicado acelera o surgimento de perfilhos reprodutivos na pastagem, via alocação de carbono nos meristemas (NABINGER, 1997), apresentando efeito mais expressivo nos meses com melhores condições climáticas para o florescimento do capim-Massai.

Segundo Mesquita et al. (2008) vários estudos têm comprovado os benefícios da adubação nitrogenada no crescimento de folhas e perfilhos, na produção de MS e PB de gramíneas forrageiras tropicais, demonstrando a importância da prática de adubação nitrogenada.

3.3 Condições ambientais

Segundo Nabinger (1997) uma das categorias de restrições ecológicas que limitam a produtividade primária envolve a disponibilidade de outros fatores abióticos cujo nível pode impedir a máxima captação da energia solar.

Água, temperatura, e nutrientes frequentemente limitam o desenvolvimento da área de folhas necessária para a máxima captação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente. Assim, por exemplo, no período seco em algumas regiões do país praticamente não existe vegetação com folhas vivas devido a deficiência hídrica. Deste modo, todas ou boa parte da radiação incidente nestes períodos não é capturada e, portanto, não resulta em formação de biomassa (PEIXOTO, 2001).

Peixoto (2001) relata que numa condição de alta disponibilidade de radiação e temperatura adequadas a planta prioriza a formação da área foliar, de modo a captar o máximo possível de radiação incidente. Se, no entanto, as temperaturas estão abaixo do ótimo, a planta reduz a alocação de nutrientes para a formação de hastes, sem alterar o ritmo de síntese de

folhas (a radiação não é limitante) e o carbono que seria destinado à alongação dos entrenós passa a ser alocado para as raízes e formação de reservas.

Segundo Fagundes et al. (2005), o potencial de produção da planta forrageira é determinado geneticamente, porém, para que esse potencial seja alcançado, condições adequadas do meio devem ser atendidas. No Brasil, existem regiões com áreas de pastagens que sofrem grandes variações climáticas, incluindo: temperatura, radiação solar e de índice pluviométrico, as quais limitam a produção da forrageira. A irregularidade do regime pluvial constitui-se uma restrição ao desenvolvimento de plantas forrageiras, pois, mesmo dentro de estações chuvosas, áreas de pastagens estão sujeitas a veranicos ou alagamentos temporários.

A diminuição do conteúdo de água no solo afeta acentuadamente alguns processos morfofisiológicos. Para Chaves et al. (2002) a extensão dos efeitos do déficit hídrico nas espécies vegetais depende da sua intensidade e duração, e da capacidade genética das plantas em responder às mudanças do ambiente. Segundo Taiz e Zeiger (2009), de modo geral, plantas submetidas ao déficit hídrico apresentam decréscimo da produção da área foliar, induzindo o fechamento dos estômatos, a aceleração da senescência das folhas. Sendo assim quando as plantas são expostas, frequentemente, a esta condição, ocorre conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos futuro (KRON et al., 2008).

3.4 Intercepção luminosa

A área foliar, após pastejo ou corte, deve ser suficiente para uma completa intercepção da luz (FAGUNDES et al., 2001). A razão de crescimento das plantas aumenta à medida em que aumenta a área foliar, até que a quase totalidade da luz incidente seja interceptada (FAGUNDES et al., 1999).

É fato amplamente reconhecido que quando o pasto intercepta 95% da luz incidente obtém-se um valor de índice de área foliar crítico (IAF). Neste valor crítico a taxa de crescimento de qualquer forrageira estaria próxima do seu valor máximo.

Da Silva (2009) enfatizou que o IAF é um atributo estreitamente relacionado com o manejo da pastagem e com a capacidade potencial de rebrota das plantas forrageiras, sendo que valores baixos de IAF estão normalmente associados a pastos com massa de forragem mais baixa, enquanto que valores altos a pastos com maior massa de forragem. Para cada espécie forrageira e condições de crescimento existe um IAF que promove um nível ótimo de crescimento, pois este possibilita máxima intercepção da luz e melhor taxa de fotossíntese.

Seguindo protocolo semelhante ao utilizado em gramíneas de clima temperado, o nível de intercepção de luz (IL) pelo dossel no qual o máximo acúmulo de biomassa pode ser

alcançado, maximizando a produção de folhas e controlando a produção de hastes e material senescente, foi determinado também em gramíneas tropicais. Montagner (2007) e Da Silva (2009) avaliaram o capim-Mombaça (*Panicum maximum*) sob lotação intermitente caracterizado por duas alturas de resíduo (30 e 50 cm) e duas condições de pré-pastejo (95 e 100% de IL) em Campo Grande, MS e Araras, SP, respectivamente. Os resultados demonstraram a consistência do critério de interrupção do processo de rebrota aos 95% de interceptação de luz e o efeito benéfico de sua associação com um valor de altura de resíduo mais baixo, condizente com a necessidade da planta em manter uma área foliar remanescente mínima e de qualidade para iniciar seu processo de rebrota e recuperação para um próximo pastejo.

A IL de 95% é tida como o momento a partir do qual plantas modificam sua dinâmica de acúmulo de matéria seca, reduzindo o acúmulo de lâminas foliares e aumentando rapidamente o acúmulo de hastes e de material morto (DA SILVA; CORSI, 2003). Esse valor é tido, então, como momento ideal para interromper o processo de rebrota das plantas forrageiras.

Segundo Barbosa et al. (2007) com relação às frequências de desfolha, pastos em que os pastejos são realizados com 90 e 95% de IL apresentaram comportamento bastante homogêneo durante as épocas do ano. Por sua vez, pastos em que os pastejos são realizados de maneira menos frequente (100% de IL), a massa de forragem pós-pastejo é maior e é caracterizada por elevada participação de hastes.

Quando a condição do dossel se apresenta com 90% de IL ocorre menor acúmulo de forragem devido à menor quantidade de folhas para aproveitamento da radiação incidente, implicando limitações no processo de crescimento. Quando a condição do dossel está com 100% de IL, o pasto acaba sendo prejudicado pelo excesso de material morto presente no perfil do dossel, principalmente quando a intensidade de pastejo é baixa. Um fato importante a ser ressaltado é que, quando são consideradas as taxas de acúmulo de lâminas foliares verdes, as condições de 90 e 95% de IL não diferem entre si, porém são superiores a condição de 100% de IL (BARBOSA et al., 2007). Segundo o autor o maior acúmulo de forragem é registrado em pastos com 95% de interceptação de luz em associação com menores intensidades de pastejo.

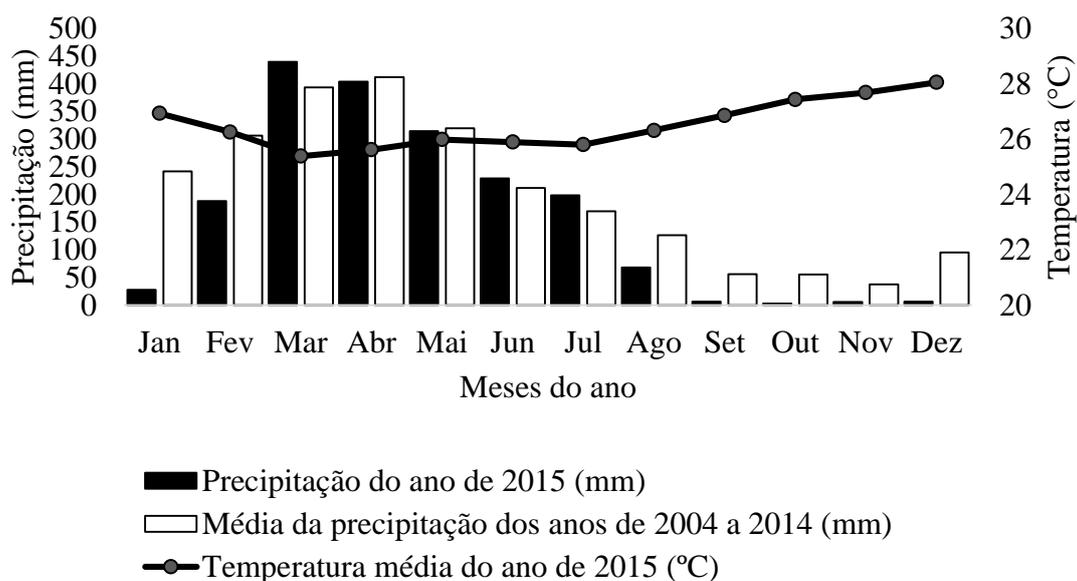
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local do Experimento e características do solo

O experimento foi conduzido na Fazenda Escola de Igarapé-Açu (FEIGA), em Igarapé-Açu, Pará, pertencente a Universidade Federal Rural da Amazônia, cujas coordenadas geográficas são 01°07'21" de latitude sul e 47°36'27" longitude oeste, com aproximadamente 47 metros de altitude.

A região de Igarapé-Açu apresenta temperatura anual média de 26,8 °C (Figura 1) e clima do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por clima chuvoso, apresentando pequena estação seca. Segundo a classificação de Thornthwaite é considerado B2rAa', como clima úmido com ocorrência de deficiência hídrica de pequena intensidade (BASTOS, 1990).

Figura 1 - Média mensal da precipitação pluviométrica (mm) dos anos de 2004 a 2014 e 2015 e da temperatura média (°C) do ano de 2015 do município de Igarapé-Açu, Pará.



Fonte: Dados da média entre os anos de 2004 a 2014 da estação meteorológica da EMBRAPA e os dados do ano de 2015 da estação meteorológica da Fazenda Escola de Igarapé-Açu/FEIGA.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo amarelo, de textura franco-arenosa e de baixa fertilidade (Tabela 1). Na formação da área experimental com capim-Massai foi realizada a correção do solo com calcário dolomítico (PRNT 95%) com aplicação de dose equivalente à 2,9 ton.ha⁻¹ de forma que a saturação por bases fosse elevada à 60%. As recomendações referentes à correção da acidez do solo, fertilização com fósforo e potássio foram realizadas segundo (SOUZA et al., 2001), para gramíneas consideradas no grupo exigentes em relação à adubação.

O solo foi preparado com uso de grade aradora, seguido de destorroamento com grade niveladora. Após o preparo do solo no dia 20 de maio de 2014 foi realizada a semeadura, juntamente com adubação fosfatada (super fosfato simples, com 18% de P_2O_5) a uma dose equivalente à 80 kg de P_2O_5 .ha⁻¹ por hectare, aplicados a lanço. As comunidades de plantas das parcelas permaneceram em crescimento livre, até atingirem aproximadamente 50 cm de altura. A partir daí estas passaram a ser cortadas periodicamente a uma altura residual de 15 cm acima do solo. Antes do início do experimento foi feita uma nova adubação fosfatada com a mesma quantidade de P_2O_5 , enquanto que a adubação com potássio a dose equivalente a 60 kg de K_2O .ha⁻¹ foi realizada junto com a adubação nitrogenada. O experimento teve início no dia 14 de fevereiro de 2015 e término no dia 31 de agosto de 2015.

Tabela 1 - Resultados analíticos da análise de solo realizada no local do experimento.

Amostra	Profundidade	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
Identificação	cm	H ₂ O	g/kg	mg.dm ⁻³			cmolc.dm ⁻³		
1	20	4,7	7,98	1,54	0,03	0,28	0,28	1,11	4,72
2	40	4,67	18,62	1,54	0,02	0,19	0,28	1,33	4,13

pH: Potencial hidrogeniônico; MO: matéria orgânica; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H: hidrogênio.

Fonte: Laboratório de Solos da Universidade Federal Rural da Amazônia.

4.2 Delineamento experimental

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com seis doses de adubação nitrogenada no capim-Massai, com cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais (Figura 2), sendo 0; 100; 200; 300; 400 e 500 kg de N.ha⁻¹.ano⁻¹, utilizando-se a ureia agrícola como fonte de nitrogênio. As parcelas possuíam 12 m² (3 m x 4 m) de área e eram separadas por corredores de 1 m de largura.

Figura 2 - Parcelas experimentais de capim-Massai utilizadas em ensaio experimental de adubação e medições morfogênicas.

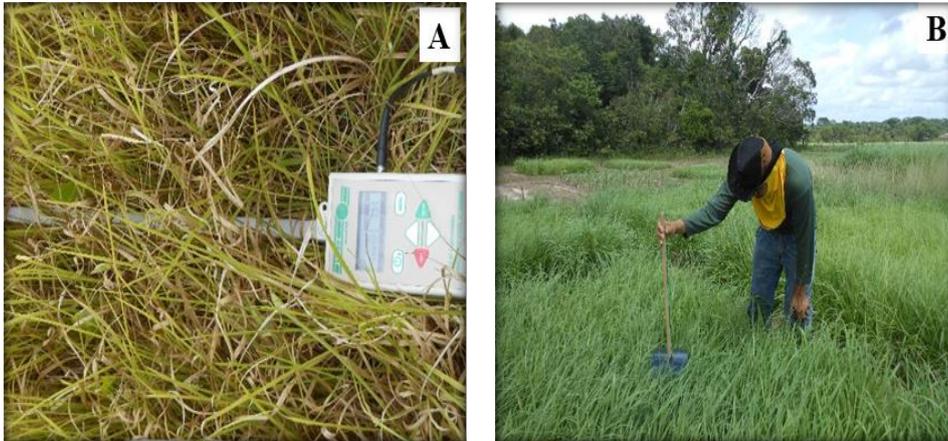


Fonte: Acervo do autor.

As adubações nitrogenada e potássica foram parceladas em seis aplicações com intervalo de 30 dias durante o período chuvoso (precipitação acima de 150 mm), sendo esse considerado pela observação da precipitação anual média de 2004 a 2014. As aplicações foram realizadas nas seguintes datas 14/02/2015, 16/03/2015, 15/04/2015, 15/05/2015, 14/06/2015 e 14/07/2015. A primeira aplicação foi realizada após o nivelamento de todas as parcelas no primeiro dia do experimento e as demais foram realizadas em dias fixos.

O corte do dossel para estimar a massa de forragem e a produção total de matéria seca foi realizado sempre que o dossel de cada parcela atingia a condição de 95% de interceptação luminosa (IL). Essa condição foi determinada amostrando-se cinco pontos na parcela para se obter um valor médio, utilizando-se o aparelho analisador de dossel Accupar modelo LP-80[®]. Na caracterização da altura média do dossel foram realizadas medições em cinco pontos por parcela utilizando-se um bastão graduado com folha de poliacetato (Figura 3).

Figura 3 – Mensuração da interceptação luminosa (IL) (A) e da altura média do dossel da parcela com auxílio de folha de poliacetato (B), para estimativa da altura média do canteiro no momento do nivelamento.



Fonte: Acervo do autor.

A coleta de amostras de forragem verde para determinação da massa de forragem, acúmulo de forragem, composição química da forragem e o nivelamento do dossel foram realizados à uma altura de 15 cm de resíduo. A altura residual foi definida a partir de estudos prévios utilizando a média de altura residual mais utilizada para esse cultivar. (MARTUSCELLO et al., 2006; EUCLIDES et al., 2008; MARTUSCELLO et al., 2009; MACHADO et al., 2010; LOPES et al., 2011b; MATUSCELLO te al., 2015).

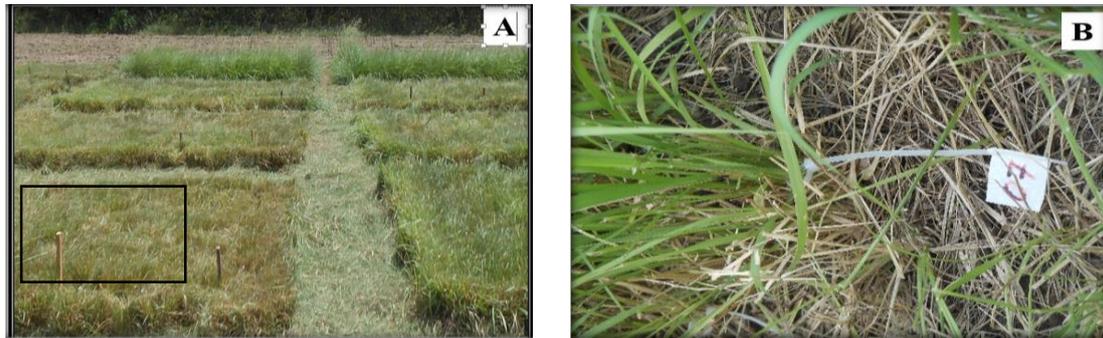
4.3 Mensurações realizadas durante o experimento

4.3.1 Características morfogênicas e estruturais

Nas plantas foram avaliados aspectos relativos às características morfogênicas como taxa de alongamento de folhas, taxa de aparecimento de folhas, filocrono, taxa de senescência de folhas, duração de vida da folha e taxa de alongamento de hastes. Quanto as características estruturais foram avaliados o comprimento inicial de hastes, comprimento final de hastes, número de folhas vivas, número de folhas em senescência, número de folhas maduras e relação lâmina foliar:haste.

Na avaliação das características morfogênicas e estruturais do dossel, foi selecionada uma porção da parcela onde visualmente a condição representaria a média. Nesses locais, com o auxílio de uma régua graduada foram marcados em uma linha, cinco perfilhos aleatórios distanciados 20 cm um dos outros. Os perfilhos foram então identificados em sua base com abraçadeiras plásticas numeradas com fitas aderentes (Figura 5).

Figura 4 - Delimitação da área utilizada para avaliação de morfogênese (A), identificação do perfilho com abraçadeira plástica (B).



Fonte: Acervo do autor.

Os perfilhos foram medidos duas vezes por semana. No procedimento de avaliação as folhas, foram numeradas e classificadas como: folhas expandidas (quando apresentavam lígula visível); folhas em expansão (sem lígula visível); folhas em senescência (quando a extremidade da lâmina foliar apresentava algum indício de senescência). Folhas em que mais de 75% do comprimento da lâmina foliar estivesse comprometido pela senescência foram consideradas como mortas.

O comprimento da lâmina foliar foi medido de acordo com o estágio de desenvolvimento das folhas. Nas folhas expandidas foi considerado o comprimento da ponta da folha até a lígula. Nas folhas em expansão, o procedimento foi semelhante, apenas o referencial de medida passou a ser a lígula da folha mais jovem completamente expandida (DURU; DUCROCQ, 2000). Nas folhas que estavam em senescência, foi considerado o comprimento da lâmina foliar verde a partir da lígula até o ponto onde o tecido senescente estivesse avançado. O comprimento de hastes (colmo + pseudocolmo) foi medido como sendo a distância entre o nível do solo até a lígula da folha mais jovem completamente expandida.

A partir dessas informações foram determinadas as seguintes variáveis morfogênicas e estruturais:

i) taxa de aparecimento de folhas – TApF (folhas.perfilho⁻¹.dia⁻¹): divisão do número médio de folhas surgidas por perfilho pelo número de dias do intervalo de avaliação;

ii) taxa de alongamento de folhas – TAlF (cm.perfilho⁻¹.dia⁻¹): divisão da variação média do comprimento das lâminas foliares em expansão por perfilho pelo número de dias do intervalo de avaliação;

iii) taxa de alongamento de hastes – TAlH (cm.perfilho⁻¹.dia⁻¹): divisão da variação média em comprimento de hastes por perfilho pelo número de dias do período de avaliação;

iv) filocrono – Filo (dias.folha⁻¹.perfilho⁻¹): inverso da taxa de aparecimento de folhas;
 filocrono (dias.folha⁻¹.perfilho⁻¹) = 1/TAPF

v) número de folhas vivas por perfilho – NFV: obtido a partir do número médio de folha em expansão, expandidas e em senescência por perfilho. Foram excluídas as folhas que apresentassem mais de 75% do limbo foliar em processo de senescência.

vi) duração de vida das folhas – DVF (dias): intervalo em dias, do aparecimento da folha até sua total senescência, estimada pela equação proposta por Lemaire e Chapman (1996), em que $DVF = NFV \times Filo$.

vii) comprimento inicial de hastes e comprimento final de hastes (cm) – (CIH e CFH): distância entre a lígula da última folha expandida em relação ao solo ou à inserção no perfilho de origem, no caso de perfilhos aéreos;

viii) taxa de senescência de folhas – TSF (cm.perfilho⁻¹.dia⁻¹): divisão da variação média em comprimento da porção senescente da lâmina foliar por perfilho pelo número de dias do intervalo de avaliações.

4.3.2.1 Relação lâmina foliar:haste

Foi coletada uma amostra e dividida em duas sub-amostras, uma para a determinação da massa de forragem e outra destinada a determinação da composição morfológica das plantas. As amostras foram separadas em frações lâmina foliar, hastes (colmo + bainha) e material morto, que foram levadas à estufa de circulação forçada de ar a 55 °C por 72 horas (Figura 6). A proporção de cada componente morfológico foi expressa como porcentagem do peso total da amostra. Os pesos destes componentes foram utilizados na determinação da relação lâmina foliar:haste e calculada de acordo com a seguinte equação.

$$RFH = MSLF / MSH$$

Onde: RFH = relação lâmina foliar:hastes; MSLF = massa seca de lâmina foliar e MSH = massa seca de hastes.

Figura 5 - Separação morfológica de capim-Massai.



Fonte: Acervo do autor.

4.3.2 Massa de forragem e acúmulo de forragem

Ao final de cada ciclo de rebrotação foram feitas amostragens para quantificação da massa de forragem, retirando de cada parcela a forragem contida no interior de uma moldura metálica retangular (com lados de 0,5 x 1 m) a 15 cm do solo, com utilização de tesouras de poda. As amostras foram colocadas em sacos plásticos identificados e acondicionadas em isopor com gelo. No laboratório, essas amostras foram pesadas e posteriormente divididas em duas sub-amostras homogêneas (Figura 4). A primeira fração foi destinada à determinação do teor de matéria seca (MS) e a segunda para separação dos componentes morfológicos (folha, haste e material morto). Assim na determinação da MS aproximadamente 300 g de amostra fresca foi acondicionada em sacos de papel e posteriormente levadas a estufa de ventilação forçada de ar à 55 °C, por 72 horas, para pré-secagem. Em seguida, as amostras pré-secas foram moídas em moinho de facas tipo Willey, provido de peneira com 1 mm de porosidade, onde destas aproximadamente 2 gramas foram levadas a estufa de 105 °C por 16 horas ininterruptas para correção dos teores de umidade da pré secagem (AOAC, 1990).

Figura 6 - Quadro de amostragem (A), área da parcela coletada (B) e amostradas nos sacos de papel antes da pré-secagem (C).



Fonte: Acervo do autor.

O acúmulo de forragem por ciclo de produção foi obtido pela extrapolação da massa de forragem mensurada nos 0,5 m² da moldura para a massa de forragem em um hectare. O acúmulo diário de forragem e o resultado da divisão do acúmulo de forragem por ciclo pelo número de dias de descanso. O acúmulo total de forragem.ha⁻¹ foi obtido pela soma da massa de forragem.ha⁻¹ em cada ciclo.

4.3.3 Ciclos de corte

A duração do ciclo de corte foi igual ao número de dias de descanso. O número de dias de descanso foi medido através do intervalo médio de dias entre um corte e outro nas parcelas, enquanto que o número de ciclos foi medido através do número médio de cortes que as parcelas foram submetidas durante o período experimental.

4.3.4 Análise química

As amostras de planta inteira após pré-secas e moídas como descrito anteriormente no tópico (4.3.2) foram secas de forma definitiva em estufa a 105 °C por 16 horas ininterruptas para determinação da matéria seca (MS) (Método 967.03) (AOAC, 1990). Os teores de matéria mineral (MM) foram determinados por incineração da matéria orgânica a 600 °C por 4 horas em forno mufla, obtendo-se a matéria orgânica (MO) pela proporção incinerada (Método 942,05) (AOAC, 1990).

As análises de proteína bruta (PB) foram realizadas de acordo com a AOAC (1990) (Método 984,13). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram analisados sequencialmente utilizando equipamento tipo ANKOM com procedimentos delineados pela ANKOM Technology Corp. (FAIRPORT, NY, EUA; VAN SOEST et al, 1991; VOGEL et al., 1999); sem uso de sulfito de sódio e α -amilase termoestável na solução de detergente neutro.

4.4 Procedimento estatístico

Foram testadas as pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade de variância pelos testes de Cramer-von Mises e Brown e Forsythe's, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. A escolha dos modelos baseou-se na significância (5%) dos coeficientes linear e quadrático e no coeficiente de determinação. As equações de regressão foram ajustadas com base nas médias de tratamentos, sendo o r^2 obtido por meio do quociente entre a soma de quadrados da regressão e a soma de quadrados total. Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, foi utilizado o programa computacional R (R Core Team, 2015).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Morfogênese e estrutura

A taxa de alongamento de folhas (TAIF) do capim-Massai aumentou ($p < 0,05$) de forma linear com a adubação nitrogenada (Tabela 2). O incremento nas TAIF foi de até 93% na dose de 500 kg de N em relação à ausência de adubação nitrogenada. A TAIF é uma variável que, isoladamente mais se correlaciona com a massa seca de forragem e é afetada de forma variada pelos fatores de ambiente e de manejo.

A resposta positiva da TAIF do capim-Massai à adubação nitrogenada deve-se, provavelmente, a grande acumulação de N nas folhas (zona de divisão celular) fato corroborado por Cabrea e Bosquet et al. (2009); Gastal e Nelson (1994) que atribuíram o fato da zona de alongamento ser um local ativo de grande demanda de nutrientes, principalmente o nitrogênio. Esse nutriente potencializa o alongamento da folha, devido ao grande acúmulo dele na zona de divisão celular, aumentando a produção de células.

Lopes et al., (2013), trabalhando com adubação nitrogenada no estabelecimento e na rebrota do capim-Massai verificou que a TAIF variou de 0,94 a 2,14 $\text{cm.perf}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ (rebrotação 1) e 1,45 a 2,65 $\text{cm}^{-1}.\text{perf}^{-1}.\text{dia}$ (rebrotação 2), para as doses de 0 a 600 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ de solo, respectivamente, com um incremento de; 127,7% e (rebrotação 1) e 82,8% (rebrotação 2) para a dose de 600 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ de N, em relação a seus valores na ausência de adubação nitrogenada. Demonstrando o significativo papel do nitrogênio nessa variável, podendo ser atribuído à deposição de nutrientes, principalmente o nitrogênio na zona de alongamento e divisão celular das folhas (SKINNER; NELSON, 1995).

Segundo Lopes et al. (2013), a taxa de alongamento de folhas é uma variável de grande relevância na análise do fluxo de biomassa das plantas, visto que, à medida que a TAIF aumenta, ocorre incremento na proporção de folhas e, conseqüentemente, maior área foliar fotossinteticamente ativa, promovendo maior acúmulo de biomassa.

A taxa de aparecimento foliar (TApF) do capim-Massai aumentou ($p < 0,05$) de forma linear com a adubação nitrogenada. O incremento nas taxas de aparecimento foliar foi de até 82,31% na dose de 500 $\text{kg}.\text{ha}^{-1}$ em relação à ausência de adubação nitrogenada.

A TApF é a variável morfogênica de grande importância, por afetar características estruturais como a densidade populacional de perfilhos e o número de folhas vivas por perfilho. Conforme Duru e Ducrocq (2000), o efeito do N sobre TApF pode ser o resultado de uma combinação de fatores tais como o comprimento e o alongamento da bainha e efeito da temperatura.

Tabela 2 - Taxa de aparecimento foliar (TApF), taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento da haste (TAIH), filocrono (FILO), número de folhas vivas (NFV), duração de vida das folhas (DVF), comprimento inicial da haste (CIH) e comprimento final da haste (CFH), taxa de senescência foliar (TSF), número de folhas senescentes (NFS) e número de folhas mortas (NFM), do capim-Massai em função das doses de nitrogênio aplicadas durante o período experimental de 14/02/2015 a 31/08/2015.

Características avaliadas	Doses de N (kg/ha)						p-valor	Equação de Regressão	r ²
	0	100	200	300	400	500			
TAIF (cm.perfilho ⁻¹ .dia ⁻¹)	1,909	2,568	3,060	3,547	3,592	3,685	<0,05	Y = 2,17+0,003x	0,73
TApF (folhas.perfilho ⁻¹ .dia ⁻¹)	0,068	0,083	0,091	0,109	0,117	0,124	<0,05	Y = 0,07+0,0001x	0,85
FILO (dias.folhas ⁻¹ .perfilho ⁻¹)	13,7	13,6	11,5	9,9	9,2	8,7	<0,05	Y = 13,97-0,01x	0,76
DVF (dias)	52,6	48,3	43,9	39,1	36,1	35,0	<0,05	Y = 51,72-0,03x	0,96
TSF (cm.perfilho ⁻¹ .dia ⁻¹)	0,099	0,112	0,116	0,150	0,205	0,270	<0,05	Y = 0,07+0,0003x	0,57
TAIH (cm.perfilho ⁻¹ .dia ⁻¹)	0,030	0,033	0,057	0,072	0,058	0,051	<0,05	Y = 0,025+0,0002x-0,0000004x ²	0,43
CIH (cm)	10,22	10,81	10,99	10,58	10,82	10,63	0,67	Y = 17,67	-
CFH (cm)	11,48	11,91	13,17	12,11	11,83	11,89	0,86	Y = 12,06	-
NFV (número)	3,66	3,77	3,79	4,05	4,08	4,10	<0,05	Y = 3,66+0,001x	0,61
NFS (número)	0,537	0,611	0,669	0,688	0,698	0,877	<0,05	Y = 0,53+0,0006x	0,29
NFM (número)	2,01	2,16	2,24	2,39	2,44	2,46	<0,05	Y = 2,05+0,0009x	0,39

Segundo Garcez Neto et al. (2002), a TAlF, quando suprida de N, passa a ser a principal responsável na alteração da TApF, pois sucessivos aparecimentos de folhas sob níveis próximos de inserção e elevadas TAlF suportadas pelo suprimento de N, estabeleceriam maior TApF, sendo o N um grande diferencial para definir tanto a TApF quanto a TAlF.

O filocrono reduziu ($p < 0,05$) ajustando-se a um modelo linear com a adubação. Redução de 36,5% para a dose de 500 kg.ha⁻¹ em relação à ausência de adubação nitrogenada, se comportando de forma contrária a TApF, uma vez que é o inverso da mesma, os resultados encontrados por Martuscello et al. (2006) em suas pesquisas sobre fertilização de N em capim-Massai corroboram a colocação deste ensaio, relatando diminuição no filocrono à medida que se incrementou a dose de N. Para Santos et al. (2014) essa redução do filocrono pode ser traduzida como aumento na dinâmica de produção de folhas.

Os resultados de aumentos na taxa de aparecimento foliar e, por conseguinte, as reduções no filocrono com as doses de nitrogênio aplicadas indicam que o capim-Massai possui capacidade de resposta à adubação nitrogenada e que recupera sua área foliar em curto período de tempo. A redução do filocrono com a adubação, confere à planta maior capacidade de rebrotação, visto que, após a desfolhação, uma rápida recuperação de seu aparato fotossintético pode possibilitar sua sobrevivência ou não na comunidade vegetal (MARTUSCELLO et al., 2006).

Para Lemaire e Chapman (1996) as taxas de aparecimento foliar, alongamento foliar e tempo de vida da folha são características determinadas geneticamente, mas podem ser influenciadas pela temperatura e disponibilidade de nitrogênio e de água. Neste estudo, a elevação das doses de nitrogênio proporcionou incrementos na TAlF e, conseqüentemente, na TApF, resultando em diminuição no filocrono e, dessa forma, demonstrando o efeito desse nutriente sobre essas características (MARTUSCELLO et al., 2005; SILVA et al., 2009).

A duração de vida da folha (DVF) diminuiu ($p < 0,05$) linearmente com a adubação nitrogenada. A estimativa de DVF variou de 52,59 dias, para as plantas sem adubação nitrogenada, a 35,05, para as plantas supridas com 500 kg de N. Redução de 33,35% no número de dias que a folha permanece viva.

O decréscimo na DVF com as doses de N é explicado pela maior renovação de tecidos em plantas adubadas, ou seja, plantas sob ausência de N permanecem mais tempo com suas folhas vivas em detrimento da expansão de novas folhas, em um processo que se evidenciou a partir da TAlF e da maior TApF e, conseqüentemente, da redução no filocrono em plantas adubadas, uma vez que, ocorreu aumento no fluxo de tecidos.

Mazzanti et al. (1994) relataram que, em geral, ocorre diminuição na DVF em alta disponibilidade de N, em função da competição por luz, determinada pelo aumento da taxa de alongamento folhas, podendo, assim, justificar o que ocorreu neste experimento, no qual à medida que se incrementou a dose de N a DVF diminuiu. Pereira et al. (2011) relataram que a fertilização com N exerce efeito linear negativo da mesma variável durante os meses do ano com melhores condições de temperatura e precipitação.

A taxa de senescência de folhas (TSF) aumentou ($p < 0,05$) linearmente com a adubação nitrogenada. O aumento de 172,43% na TSF para a dose de 500 kg.ha⁻¹ em relação à ausência de adubação nitrogenada.

Plantas sem adubação de N apresentam baixa TSF, provavelmente como estratégia para permanecerem vivas, em razão do baixo fluxo de tecidos. Além disso a precocidade das plantas adubadas com N proporcionou maior senescência foliar. Para evitar esse efeito negativo da adubação nitrogenada, recomenda-se o uso racional da adubação. À medida que a folha senesce, consequentemente, ocorrerá a morte do tecido foliar (ALEXANDRINO et al., 2004).

O próprio ritmo de crescimento da planta, respondendo às doses crescentes de nitrogênio, com altas taxas de aparecimento e alongamento foliares, favorece a senescência das folhas primeiramente formadas, uma vez que aumenta a competição por fotoassimilados (GOMIDE et al., 2003).

A taxa de senescência foliar após o corte é um indicativo do ajuste da frequência de desfolhação à fisiologia do dossel, pois um pasto manejado para alta eficiência de uso da forragem produzida deve prevenir a senescência de folhas formadas na rebrotação, ou seja, deve apresentar uma TSF pós corte igual ou próxima de zero (CÂNDIDO et al., 2006).

A taxa de alongamento de hastes (TAIH) se ajustou ao modelo quadrático ($p < 0,05$) com aumento nas doses de nitrogênio, com valores iguais a 0,0307 e 0,0512 cm perfilho.dia⁻¹ para as doses de 0 e 500 kg de N, com ponto de máximo estimado de 0,0683 cm perfilho.dia⁻¹ com 383,83 kg de N. Os dados mostram uma tendência de uso do aumento da fertilização com N até determinado ponto para o alongamento de hastes, pois em doses acima desse ponto (383,83 kg de N.ha⁻¹.ano⁻¹) a TApF e TAlF são maiores, permitindo que o dossel alcance a interceptação luminosa de 95% mais rápido.

A TAIH é uma variável morfogênica de grande relevância para o crescimento, pois garante a manutenção da arquitetura do dossel, quando este atinge uma biomassa mais elevada, mantendo o distanciamento adequado entre as folhas e evitando um aumento no coeficiente de extinção luminosa (SUGIYAMA et al., 1985). Por outro lado, apresenta efeitos negativos na

qualidade da forragem produzida (CÂNDIDO et al., 2006; SILVA et al., 2007a) e no seu aproveitamento pelos animais em pastejo (SILVA et al., 2007b).

Admite-se que as maiores taxas de alongamento de hastes ocorrem quando as temperaturas máximas e mínimas atingem 33/28°C e 27/22°C, respectivamente (FERRARIS et al., 1986). Em temperaturas abaixo de 22°C grande parte das gramíneas tropicais reduzem significativamente o crescimento, mesmo quando a radiação não é fator limitante (SANTOS et al., 2011).

Não houve efeito das doses de nitrogênio no comprimento inicial de hastes ($p > 0,05$) e comprimento final de hastes. Resultados esses influenciados principalmente pelo genótipo da planta (LOPES et al., 2013), pois a mesma tende a apresentar baixa alongamento de hastes, além da utilização da altura residual de 15 cm e da condição de corte que estava sendo realizado quando o dossel atingia 95% de interceptação luminosa, onde as hastes ainda começaram a alongar.

O número de folhas vivas (NFV) por perfilho aumentou ($p < 0,05$) ajustado a um modelo linear em decorrência do aumento da adubação nitrogenada. O incremento aumentou em 12,02% para a dose de 500 kg de N em relação à ausência de adubação nitrogenada. Nos tratamentos com menores doses de N, ocorreu maior DVF e menor NFV, provavelmente em razão do efeito do N antecipando o processo de senescência nas plantas com a translocação de nutrientes para auxiliar na expansão de novas folhas. Resultados semelhante foram encontrados por Lopes et al, (2013) que observou que o NFV por perfilho variou de 3,50 a 4,00, para as doses de 0 a 600 mg dm⁻³ de N, respectivamente, com um incremento de 14,3%, para a dose de 600 mg dm⁻³ de N, em relação a seus valores na ausência de adubação nitrogenada.

Segundo Oliveira et al. (2007) o NFV pode estar associado ao estímulo do N à produção de novos tecidos. Alexandrino et al, (2004) afirma que, as plantas recebendo N irão atingir seu número máximo de folhas vivas por perfilho mais precocemente em relação às não adubadas, promovendo, com isso, a possibilidade de colheitas mais frequentes, a fim de evitar perdas por senescência foliar, com isso, pode-se inferir que o momento ideal para corte de uma pastagem é quando esta tinge seu máximo de folhas vivas.

Nesse contexto, o número total de folhas vivas por perfilho expressa o potencial de assimilação de carbono e de produção de forragem ao nível de perfilho. Essa variável apresenta, ainda, grande importância na avaliação e manejo de plantas forrageiras, por tratar-se do componente da biomassa com melhor atributo qualitativo. Essa representa a fração de maior preferência pelos animais em pastejo, além de servir como critério de definição prático para a determinação do período de descanso, numa área de pastejo (FULKERSON; DONAGHY,

2001). Embora tenha se observado maior TSF em plantas com maior suprimento de N, o NFV aumentou porque ocorreu maior TApF e conseqüentemente, compensação na taxa de senescência.

O número de folhas senescente (NFS) aumentou ($p < 0,05$) linearmente com a adubação nitrogenada. Com aumento de 61,18% no NFS para a dose de 500 kg de N quando comparado a dose sem adubação. Este resultado pode ser confirmado pelo aumento da TSF, já que à medida que se incrementou a adubação nitrogenada houve aumento no fluxo de tecidos culminando na maior formação de novos tecidos, necessitando assim da translocação de nutrientes das folhas mais velhas para a formação de folhas mais novas.

Houve aumento ($p < 0,05$) linear no número de folhas maduras (NFM). O aumento para a dose de 500 kg foi de 22,39% quando comparado a dose sem adubação. A medida que a TAIF e TApF aumentou, conseqüentemente o NFM também aumentará, já que essa variável é resultado do efeito das duas variáveis anteriores.

5.2 Composição morfológica e altura

Não foi observado efeito ($p > 0,05$) da adubação nitrogenada nos percentuais de massa seca de lâmina foliar, massa seca de lâmina foliar + hastes (%MSLFH) e massa seca de material morto (%MSMM) (Tabela 3).

Apesar de ter ocorrido maior TAIF e TApF à medida que aumentou a adubação nitrogenada, essas variáveis não modificaram o %MSLF, pois o dossel estava sendo desfolhado na condição de 95% de interceptação luminosa (IL). Dados semelhantes a este trabalho foram encontrados por Lopes et al. (2011c) trabalhando com adubação no capim-Massai, já que também não observaram diferença para esta variável nos níveis de nitrogênio.

A altura residual de 15 cm e a IL de 95% foram os principais responsáveis pela falta de efeito da adubação no %MSMM, pois com o corte sendo realizado na condição ideal onde o meristema apical não teve a oportunidade de alongar a haste, evitando assim o acúmulo de material morto após o corte, pois o meristema não estava sendo decapitado. Além da baixa altura residual que estimulou o aparecimento e alongamento de novas folhas.

A massa seca de hastes (%MSH) aumentou ($p < 0,05$) de forma linear com a adubação O incremento no %MSH aumentou em até 134% para a dose de 500 kg de N em relação à ausência de adubação nitrogenada. O aumento do %MSH pode ser explicado pelo estímulo do nitrogênio no fluxo de tecidos aumentando o crescimento através da divisão celular da haste. Apesar de ter ocorrido aumento no %MSH, essa modificação não foi tão pronunciada, demonstrando a

genética positiva do capim-Massai, em sistema intensivo de produção, pelo fato de a forrageira responder preferencialmente em produção de biomassa foliar.

Houve redução na relação lâmina foliar:haste (LF:H) ($p < 0,05$) com o aumento do nitrogênio, ajustando-se a um modelo linear. A redução na LF:H diminuiu em até 51,90% para a dose de 500 kg de N em relação à ausência de adubação nitrogenada. Com o aumento da adubação, ocorreu aumento do %MSH levando a redução na relação LF:H. Sendo assim apesar do corte estar sendo realizado na condição ideal, a adubação estimula o crescimento e desenvolvimento da haste, essa porção não é recomendada para ser consumida pelo animal, uma vez que, a porção de lâmina foliar é a mais preferível pelo animal, pois apresenta qualidades nutricionais melhores quando comparado a porção haste (PEDREIRA et al., 2009). Mesmo com o aumento da haste e baixa relação lâmina foliar:haste o aumento da massa foliar justifica a adubação.

Não houve efeito da adubação nitrogenada na altura do dossel ($p > 0,05$), com média estimada de 43,97 cm. Uma condição ideal na utilização de pastagens ocorre quando o dossel atinge a altura em que 95% da radiação incidente é interceptada pelo dossel (CASAGRANDE et al., 2010). Nesse ponto, o dossel é composto principalmente por lâminas foliares e tem baixa proporção de colmos e material morto. A altura do dossel é uma medida de fácil mensuração e alta correlação com a interceptação de luz (PEDREIRA et al., 2009).

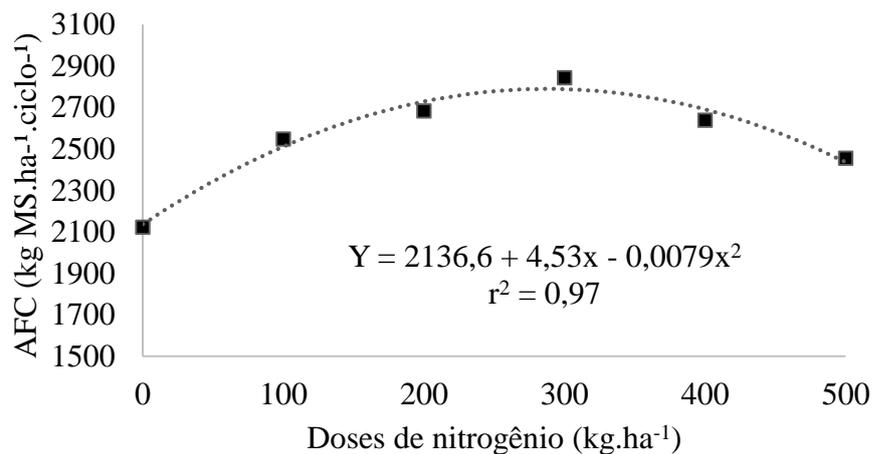
Tabela 3 - Percentual de massa seca de lâmina foliar (MSLF%), percentual de massa seca de haste (MSH%), soma de massa seca de lâmina foliar e haste (MSLFH), percentual de massa seca de material morto (MSMM%) e altura de capim-Massai em função das doses de nitrogênio aplicadas durante o período experimental de 14/02/2015 a 31/08/2015.

Características avaliadas	Doses de N (kg/ha)						p-valor	Equação de Regressão	r ²
	0	100	200	300	400	500			
MSLF (%)	91,63	94,52	92,23	94,00	91,67	92,00	0,25	Y = 92,67	-
MSH (%)	2,02	3,31	3,68	3,75	4,12	4,74	<0,05	Y = 2,45 + 0,004x	0,88
MSLFH (kg.ha ⁻¹)	93,65	97,83	95,91	97,75	95,79	96,74	0,38	Y = 96,28	-
MSMM (%)	6,35	2,17	4,09	2,25	4,21	3,26	0,20	Y = 3,72	-
LF:H	40,36	28,55	25,06	25,06	22,25	19,41	<0,05	Y = 38,23 - 0,04x	0,74
Altura (cm)	44,39	44,94	44,04	44,28	42,02	44,16	0,58	Y = 43,97	-

5.3 Acúmulo de forragem

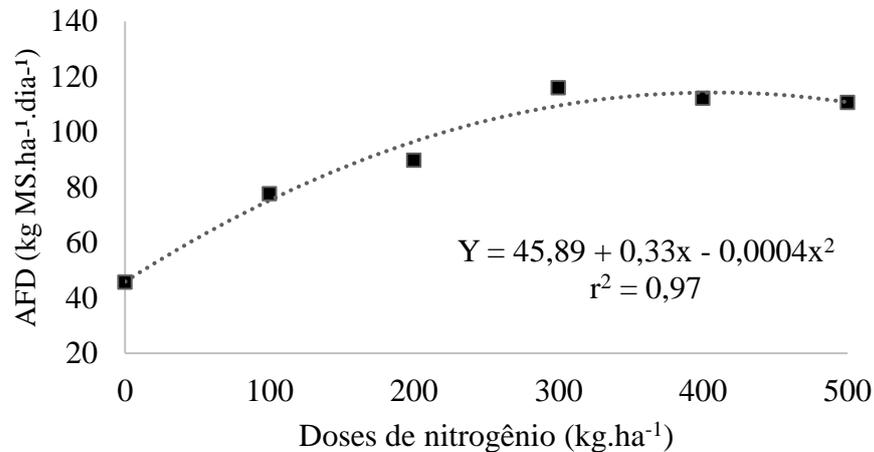
O acúmulo de forragem por ciclo (AFC) ($p < 0,05$) ajustou-se a um modelo quadrático com o aumento das doses de nitrogênio (Figura 7), com valores estimados em 2.122,56 e 2.630,28 kg.ha⁻¹ de massa seca (MS) para as doses de 0 e 500 kg de N, com ponto de máximo de 2.818,74 kg de MS com 332,5 kg de N. Esses resultados podem ser explicados pelo aumento da TApF e TAlF com a adubação nitrogenada, no entanto esse aumento teve a contribuição da massa de folhas novas com baixo teores de MS contribuindo conseqüentemente na redução do acúmulo de forragem por ciclo. O acúmulo de forragem na pastagem após a desfolhação, na ausência de animais, é resultante do fluxo de novos tecidos foliares, definido como crescimento bruto, e do fluxo de senescência e decomposição de tecidos foliares mais velhos (HODGSON, 1990).

Figura 7 - Acúmulo de forragem por ciclo (AFC) de plantas de capim-Massai submetido a doses de nitrogênio.



Houve efeito da adubação no acúmulo de forragem diário (AFD) ($p < 0,05$) com os dados ajustados ao modelo quadrático (Figura 8), com valores estimados em 45,81 e 113,52 kg ha de MS para as doses de 0 e 500 kg de N, com ponto de máximo de 116,26 kg de MS com 419,5 kg de N.

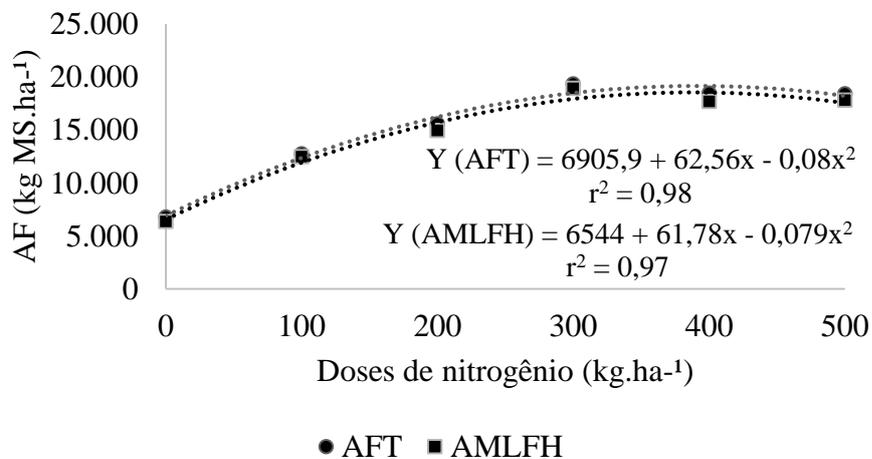
Figura 8 - Acúmulo de forragem diário (AFD) de plantas de capim-Massai submetido a doses de nitrogênio.



O efeito no acúmulo de forragem diário levou a redução do período de descanso a medida que se aumentou a adubação. Pois o fluxo de tecidos foi estimulado aumentando assim a TAlF e TApF.

O acúmulo de forragem total (AFT) revelou resposta quadrática ($p < 0,05$) com o aumento nas doses de nitrogênio (Figura 9), com valores estimados em 6.792,20 e 18.412,00 kg MS para as doses de 0 e 500 kg de N, com ponto de máximo de 19.136,37 kg MS com 391 kg de N representando aumento de 181,0% no acúmulo de massa seca. O incremento no acúmulo de forragem total aumentou em até 171,07% para a dose de 500 kg de N em relação à ausência de adubação nitrogenada.

Figura 9 - Acúmulo de forragem total (AFT) e acúmulo de massa de lâmina foliar + haste (AMFLFH) de plantas de capim-Massai submetidas a doses de nitrogênio.



O capim-Massai, neste ensaio, colhido com a mesma altura residual, mesma interceptação luminosa e em condições de alta disponibilidade de nitrogênio apresenta altos

valores de acúmulo de forragem até determinada quantidade (391 kg de N) de aplicação de N para AFC, AFD e AFT, pois a partir de determinado ponto as TAlF e TApF são tão altas que o dossel apresenta grande quantidade de folhas novas com pesos secos menores quando comparado a condições de baixas TAlF e TApF. O crescimento das gramíneas e consequente incremento no acúmulo de forragem total, de lâminas foliares e de hastes, corroborado pelas maiores TApF, TAlF, TAlH encontradas neste trabalho. Isso demonstra o efeito da adubação nitrogenada na produção de massa seca de forragem.

A quantidade de 391 kg de N aplicado corresponde à eficiência de resposta de 48,94 kg.ha⁻¹ de MS por kg de N aplicado, valor esse superior ao observado por Mesquita et al. (2008) trabalhando com cultivares do gênero *Panicum* que encontrou valores de 257 kg.ha⁻¹ de N, correspondente à eficiência de resposta de 16,8 kg.ha⁻¹ de MS por kg de N aplicado. Certamente essa variação ocorreu, em razão da cultivar utilizada, do tipo de solo, clima, altura de corte, intervalo e número de cortes.

O maior acúmulo de forragem total obtido com a adubação nitrogenada até o ponto de máximo pode ser atribuído principalmente aos efeitos do nitrogênio, que promove significativo aumento nas taxas das reações enzimáticas e no metabolismo das plantas (VITOR et al., 2009). Colozza et al. (2000), afirma que o maior teor de clorofila nas folhas ocorre em plantas com maior disponibilidade de nitrogênio, o que aumenta a oferta de fotoassimilados que influenciam as características morfogênicas e estruturais da pastagem, como a TAlF, TApF, o tamanho e o número de perfilhos.

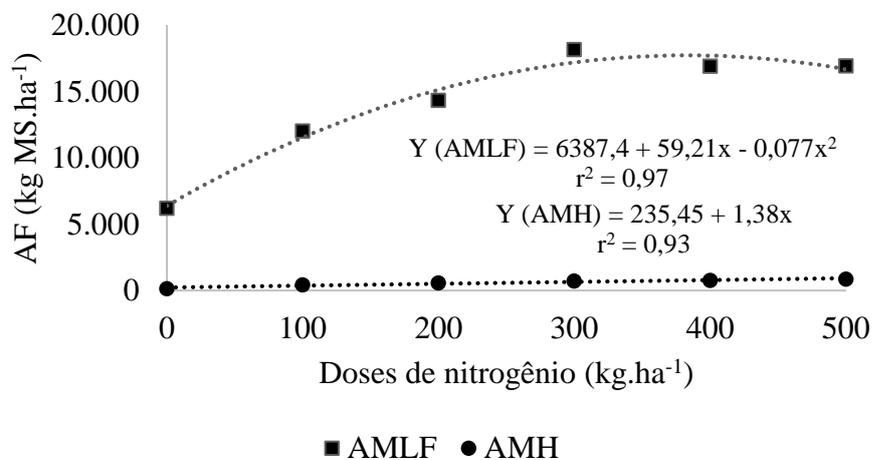
Isso se explica pelo fato de a adubação nitrogenada acelerar o crescimento, a produção de folha e, conseqüentemente, a expansão da parte aérea. Tais resultados estão de acordo com os encontrados por Freitas et al. (2005) que encontrou valores crescentes de acúmulo de forragem 8.538 kg de MS até 15.864 Kg.ha⁻¹ de MS para as doses correspondentes a 70 e 280 kg.ha⁻¹ de N. De acordo com Rocha et al. (2002), as gramíneas do gênero *Panicum* têm respondido ao aumento de fornecimento de N no solo, com respostas positivas na produção de massa seca.

Observou-se resposta quadrática para acúmulo de massa de lâmina foliar + hastes (AMLFH) ($p < 0,05$) em função das doses de nitrogênio, apresentando valores de 6.360,79 e 17.812,68 kg de MS para as doses de 0 e 500 kg de N, com ponto de máximo de 18.471,4 kg MS com 386 kg de N. O incremento no AMLFH aumentou em até 65,56% para a dose de 500 kg de N em relação à ausência de adubação nitrogenada.

O acúmulo de massa de lâmina foliar (AMLF) revelou resposta quadrática ($p < 0,05$) com o aumento nas doses de nitrogênio (Figura 10), com valores estimados em 6.223,59 e 16.939,95

kg MS para as doses de 0 e 500 kg de N, com ponto de máximo de 18.908,2 kg MS com 422,93 kg de N. O incremento no AMLF aumentou em até 67,0% para a dose de 500 kg de N em relação à ausência de adubação nitrogenada. Enquanto que os dados de acúmulo de massa de hastes (AMH) aumentaram ($p < 0,05$) linearmente com a adubação nitrogenada, com valores para 0 e 500 kg de N respectivamente de 137,20 e 872,32 kg de MS (Figura 15) tendo um aumento de 84,27% no AMH.

Figura 10 - Acúmulo de massa de lâmina foliar (AMLF) e acúmulo de massa de hastes (AMH) de plantas de capim-Massai submetidas a doses de nitrogênio.



Tomando em consideração a resposta para o AMLF, Bredemeier e Mundstock (2000) afirmam que durante a fase vegetativa da planta, provavelmente ocorra maior absorção de N em função da dose mais elevada, essa maior absorção de N pode ser utilizada na síntese de enzimas para a formação de tecidos fotossintéticos, especialmente as folhas, logo, como consequência ocorrerá aumento na biomassa de lâmina foliar. Em contrapartida com o aumento no surgimento de novas folhas o peso seco dessas começa a reduzir diminuindo assim o acúmulo de massa seca, característica determinada pelo peso seco das plantas. Porém com a redução do acúmulo de massa causado pela maior TAIF e TApF a qualidade dessa forragem aumenta visto que a predominância será de folhas e não de colmos.

A dinâmica do acúmulo de forragem durante o período de rebrotação é caracterizado pelo acúmulo quase exclusivo de lâminas foliares, até que o dossel alcance a altura em que aproximadamente 95% da luz incidente é interceptada, deste ponto em diante os componentes colmo e material morto começam a acumular de maneira significativa (PEDREIRA et al., 2009).

Segundo Emerenciano Neto et al. (2013) pastos de capim-Massai são mais eficientes no acúmulo de forragem que outros capins como o Piatã, Aruana e Marandú, sendo que

aproximadamente 70% da forragem acumulada e de lâminas foliares, resultados esses inferiores aos encontrados neste trabalho.

Não foi observado efeito no acúmulo de massa de material morto (AMMM) ($p > 0,05$), com média de acúmulo 526,33 kg de MS de MM. Pois as plantas estavam sendo cortadas em seu ponto ótimo de acúmulo.

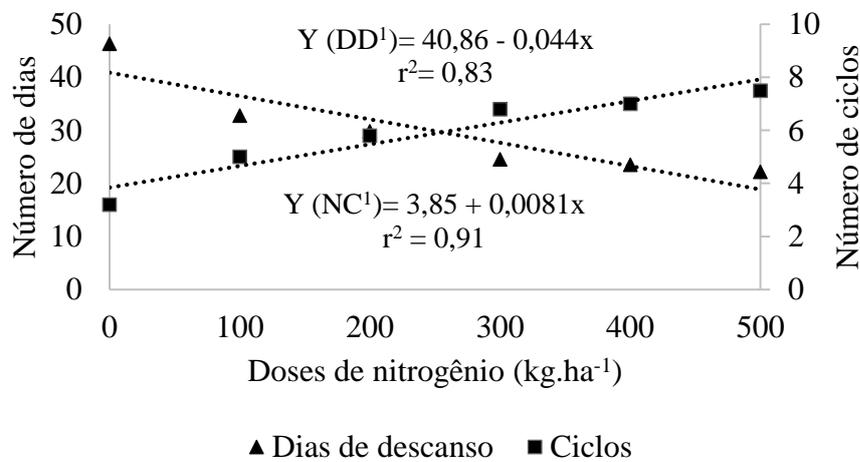
Independentemente da magnitude dos efeitos de N sobre a produção de MS, a influência desse nutriente pode ser atribuída ao aumento na TAlF e TApF, contribuindo para o crescimento do vegetal, resultando em aumento na área foliar.

5.4 Ciclos de coleta

O número de dias de descanso diminuiu ($p < 0,05$) linearmente (Figura 11), com valores estimados de 46,3 e 22,17 para as doses de zero e 500 kg de N. Enquanto que o número de ciclos aumentou ($p < 0,05$) de forma linear (Figura 13) com valores estimados de 3 e 8 ciclos para as doses de zero e 500 kg de N.

Como as TApF e TAlF foram aumentadas a medida que se incrementou a adubação nitrogenada, os pastos adubados de capim-Massai atingiram mais rápido o ponto de corte de 95% IL, diminuindo o intervalo entre cortes e conseqüentemente reduzindo o período de descanso necessário para a planta atingir o ponto ideal no próximo corte, possibilitando um o maior número de cortes ou pastejos durante o ano de forma a maximizar a utilização das pastagens adubadas. Segundo Lopes et al. (2011c) durante a fase de crescimento vegetativo, há uma maior entrada de assimilados para a produção de folha, a fim de aumentar a captura de luz incidente, e promover o crescimento rápido diminuindo o período de descanso.

Figura 11 - Número de dias de descanso e número de ciclos de plantas de capim-Massai submetidas a doses de nitrogênio¹.



5.5 Composição Química

As gramíneas tropicais são plantas eficientes no processo fotossintético e acumulam grande quantidade de biomassa de forma muito rápida, através do conhecimento do valor nutritivo do pasto, torna-se possível identificar as principais causas limitantes da produção animal, o que permite delinear estratégias de manejo que resultem em incrementos produtivos (CLIPES et al., 2005). Brâncio et al., (2002) e Barbosa et al., (2003) são unânimes em afirmar que a adubação com nitrogênio, além de melhorar o ritmo de crescimento, também influencia na composição química da forragem e em relação à proteína bruta (PB), ocorre um aumento desses teores com a utilização da adubação nitrogenada; esta variável pode ter influência direta ou indireta no consumo voluntário de matéria seca e consequentemente, na produção animal (SNIFFEN et al., 1992).

O percentual de matéria seca (MS%) e o percentual de matéria mineral (MM%) ($p < 0,05$) diminuíram e ajustaram-se a um modelo linear (tabela 4) com a adubação nitrogenada, com redução de 23,09 e 16,34% na dose de 500 kg de N quando comparada ao tratamento privado de N.

Esses resultados podem ser explicados pela alta taxa de aparecimento de folhas (TApF) nas doses mais elevadas de N, o que fez com que o material coletado fosse predominante de folhas jovens que apresentam alta quantidade de água quando comparados a folhas mais velhas reduzindo assim o percentual de MS. Como o percentual de matéria seca foi menor a medida

¹ DD: Dias de descanso; NC: Número de ciclos.

que se aumentou a adubação nitrogenada, isso acabou refletindo no percentual de MM existente na planta. Além de haver o efeito da diluição causado pelo aumento do teor de proteína bruta.

O percentual de matéria orgânica (MO%) foi influenciado pelo aumento das doses de N ($p < 0,05$) positiva e linearmente. Esse resultado é consequência do aumento do teor de proteína, uma vez que, a adubação nitrogenada favorece acumulação de compostos orgânicos na planta. O percentual de proteína (PB%) aumentou ($p < 0,05$) linearmente com a adubação nitrogenada. O teor de proteína aumentou em até 149,92% o teor de proteína na matéria seca quando adubado com 500 kg de N em comparação a dose zero de N. Isso ocorreu, provavelmente, devido à maior presença de aminoácidos livres, que mantêm N em sua estrutura, e de pequenos peptídeos no tecido da planta em resposta ao maior aporte de N no solo. Demonstrando que a absorção de N foi crescente e mais rápida que o crescimento das plantas, avaliado por meio da quantidade de MS produzida.

Vitor et al. (2009) trabalhando com o capim elefante adubado e irrigado observou que os valores do teor de proteína bruta na matéria seca do capim-elefante aumentaram e ajustaram-se a um modelo linear com as doses de nitrogênio alcançando o valor de 10,65% na dose de nitrogênio de 700 kg.ha⁻¹ em todos os períodos avaliados. Moreira et al. (2009), trabalhando com capim-Braquiária também observou aumento linear a medida que se incrementou a dose de N. Segundo Gomide (1989), não se deve esperar alterações substanciais na composição química da forragem pela adubação nitrogenada, pois o efeito é mais pronunciado na produção de forragem quando comparado aos efeitos nos teores de proteína bruta o que não foi corroborado por este estudo.

Não houve diferença ($p > 0,05$) nos percentuais de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e hemicelulose (HEM). O uso de fertilizantes nitrogenados nem sempre provoca alterações na fração fibrosa das plantas (VAN SOEST, 1975), quando a pastagem é cortada no ponto ideal e as condições ambientais estiverem satisfazendo as necessidades da planta. A adubação nitrogenada pode reduzir o teor de FDN das plantas por estimular o crescimento de novos tecidos, que possuem menores teores de carboidratos estruturais na matéria seca (CORSI, 1984), efeito não observado nesse trabalho. O fornecimento de nitrogênio em doses elevadas, aliado a condições climáticas favoráveis, pode acelerar a maturidade e senescência da planta, limitando o efeito benéfico da adubação nitrogenada sobre os valores de FDN. Como os cortes estavam sendo realizados na condição de manejo ideal não foi observada diferença nos teores de FDN.

Tabela 4 - Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose (HEM) de capim-Massai em função das doses crescente de N aplicadas no período de 14/02/2015 a 31/08/2015.

Características avaliadas	Doses de N (kg/ha)						p-valor	Equação de Regressão	r ²
	0	100	200	300	400	500			
MS (%)	25,59	22,77	21,08	20,88	20,55	19,68	<0,05	Y = 24,36 - 0,01x	0,69
MM (%MS)	6,79	6,36	6,27	5,88	5,75	5,68	<0,05	Y = 6,68 - 0,0022x	0,67
MO (%MS)	93,21	93,64	93,73	94,12	94,25	94,32	<0,05	Y = 93,32 + 0,0022x	0,66
PB (%MS)	6,83	9,27	11,93	14,28	15,57	17,07	<0,05	Y = 7,32 + 0,02x	0,95
FDN (%MS)	70,78	71,41	72,23	72,86	71,41	71,21	0,54	Y = 71,25	-
FDA (%MS)	38,02	38,06	38,46	38,71	37,73	37,43	0,25	Y = 38,07	-
HEM (%MS)	38,03	33,35	33,77	34,15	33,98	33,78	0,23	Y = 34,51	-

6 CONCLUSÃO

O nitrogênio em doses crescentes favorece as características morfogênicas e o teor de PB de capim-Massai; enquanto que o acúmulo de forragem do cultivar alcança o máximo com a carga 391 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ e declina a partir de então.

7 REFERÊNCIA

- ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; MOSQUIM, P. R.; REGAZZI, A. J.; ROCHA, F.C. Características morfológicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Rev. Bras. de Zootec.**, p. 1372-1379, 2004.
- ALMEIDA, A. A. S.; MONTEIRO, F. A.; JANK, L. Avaliação de *Panicum maximum* Jacq. para tolerância ao alumínio em solução nutritiva. **Rev. Bras. de Ciên. do Solo**, v.24, n.2, p.339-334, 2000.
- AOAC, 1990. Association of Official Analytical Chemists, 15th ed., Association of Official Analytical Methods Inc., Arlington, VA, USA, p. 770, 1990.
- AUDA, H.; BLASER, R.E.; BROWN, R.H. Tillering and carbohydrate contents of orchardgrass as influenced by environmental factors. **Crop Science**, v.6, n.2, p.139-143, 1966.
- BARBOSA, M. A. A. F.; OLIVEIRA, R. L.; CECATO, U.; MATOS, R. C.; SANTIAGO, M. S. B.; RODRIGUES, A.; COSTA, R. G.; CARVALHO, J. A.; MENEZES, L. F. O. Frações de proteínas e de carboidratos de *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça sob diferentes intervalos de corte e níveis de adubação nitrogenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: SBZ, 2003. CD ROM.
- BARBOSA, R. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; DA SILVA, S. C.; ZIMMER, A. H.; TORRES JÚNIOR, R. A. A. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.42, n.3, p.329-340, 2007.
- BASTOS, T. X. **Delineating agroclimatic zones for deforested areas in Pará state, Brazil**. 1990. 170 f. Tese (Doutorado em Geografia) – University of Hawaii, Honolulu, 1990.
- BRÂNCIO, P. A.; EUCLIDES, V. P. B.; JÚNIOR, D. N.; FONSECA, D. M.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C.; BARBOSA, R. A. Avaliação de Três Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob Pastejo: Disponibilidade de Forragem, Altura do Resíduo Pós-Pastejo e Participação de Folhas, Colmos e Material Morto. **Rev. Bras. Zoot.**, v.32, n.1, p.55-63, 2003.
- BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; REGAZZI, A. J.; ALMEIDA, R. G.; FONSECA, D. M. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo. Composição química e digestibilidade da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1605-1613, set 2002.
- BREDEMIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciên. Rur.**, Santa Maria. v. 30, n. 2, p. 365-372. 2000.
- CABRERA-BOSQUET, L., ALBRIZIO, R., ARAUS, J. L.; NOGUÉS, S. Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. **Environmental and Experimental Botany**, 67, p. 145-152, 2009.
- CÂNDIDO, M. J. D.; SILVA, R. G.; NEIVA, J. N. M.; FACÓ, O.; BENEVIDES, Y. I.; FARIAS, S.F. Fluxo de biomassa em capim-tanzânia pastejado por ovinos sob três períodos de descanso. **Rev. Bras. de Zootec.**, v. 35, p. 2234-2242, 2006.
- CASAGRANDE, D. R.; RUGGIERI, A.C.; JANUSCKIEWICZ, E. R.; GOMIDE, J. A.; REIS, R. A.; VALENTE, A. L. S. Características morfológicas e estruturais do capim-marandu manejado sob pastejo intermitente com diferentes ofertas de forragem. **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 39, n. 10, p. 2108-2115, 2010.

- CASTRO, A. C. R. **Deficiência de macronutrientes em helicônia ‘Golden Torch’**. Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2007.
- CHAVES, M. M. PEREIRA, J. S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M. L.; RICARDO, C. P. P.; OSÓRIO, M. L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with stress in the field: photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, v. 89, p. 907-916, 2002.ta
- CLIPES, R. C.; COELHO DA SILVA, J. F.; DETMANN, E.; VASQUEZ, H. M.; SCOLFORO, L.; LOMBARDI, C. T. Avaliação de métodos de amostragem em pastagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) e capim-mombaça (*Panicum maximum*, Jacq) sob pastejo rotacionado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 1, p. 120-127, 2005.
- COLOZZA, M. T.; KIEHL, J. C.; WERNER, J. C. Produção de matéria seca, concentração de nitrogênio e teor de clorofila em *Panicum maximum* cv. Aruana adubado com nitrogênio. In: REUNION LATINOAMERICANA DE PRODUCCION ANIMAL, 16., CONGRESSO URUGUAYO DE PRODUCCION ANIMAL, 3., 2000, Montevideo. **Anais...** Montevideo: Asociacion Latinoamericana de Produccion Animal, 2000.
- CORRÊA, L. A.; SANTOS, P. M. Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon*. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 36 p. 2003.
- CORSI, M. **Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter production, tillering and quality of the tropical grass *Panicum maximum*, JACQ**. Thesis (Doctor of Philosophy) – The Ohio State University, Ohio, p. 125, 1984.
- DA SILVA, S. C.; CORSI, M. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, p.155-186. 2003.
- DA SILVA, S. C. Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. mombaça subjected to rotational stoking managements. **Science Agriculture** (Piracicaba, Brazil), v. 66, n. 1, p. 8-19, 2009.
- DEON, M. D. **Crescimento e nutrição mineral da soja submetida a excesso de P, S, K, Ca e Mg em solução nutritiva**. Tese de Mestrado, USP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. p. 72. 2007.
- DOS SANTOS, P. M., DOS SANTOS, A. C., DA SILVA, J. E. C., DA SILVA NETO, S. P., & ALEXANDRINO, E. Atributos morfogênicos de pastos de capim-mombaça adubados com resíduo de laticínio. **Revista Caatinga**, 27(3), 221-231. 2014.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, v.85, p.635-643, 2000.
- EMBRAPA GADO DE CORTE. Capim-massai (*Panicum maximum* cv. Massai: alternativa para diversificação de pastagem. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001, 9p. (Comunicado técnico, n. 69). Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/cot/COT69.html>. Acesso em: 25/11/2015.
- EMERENCIANO NETO, J. V.; DIFANTE, G. S.; MONTAGNER, D. B.; BEZERRA, M. G. S.; GALVÃO, R. C. P.; VASCONCELOS, R. I. G. Características estruturais do dossel e acúmulo de forragem em gramíneas tropicais, sob lotação intermitente e pastejada por ovinos. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 962-973, 2013.

- EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; JANK, L.; OLIVEIRA, M. P. Avaliação dos capins mombaça e massai sob pastejo. **Ver. Bras. de Zoot.**, v.37, n.1, p.18-26, 2008.
- FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; MORAIS, R. V.; MISTURA, C.; VITOR, C. M. T.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO Jr., D.; SANTOS, M. E. R.; LAMBERTUCCI, D. M. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Rev. Bras. de Zoot.**, v. 35, n. 01, p. 30-37, 2006.
- FAGUNDES, J. L.; SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S. Intensidades de pastejo e a composição morfológica de pastos de *Cynodon* spp. **Scientia Agricola**, v.56, n.4, 1999.
- FAGUNDES, J. L.; SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S.; SBRISSIA, A. F.; CARNEVALLI, R. A.; CARVALHO, C. A. B.; PINTO, L. F. M. Índice de área foliar, coeficiente de extinção luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 187-195, 2001.
- FERRARIS, R., MAHONY, M. J., WOOD, T. T. Effect of temperature and solar radiation on the development of dry matter and attributes of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum). **Austr. J. Agric. Res.**, v.37,n.6, p.621-632, 1986.
- FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas Forrageiras**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, v. 1. p.537, 2010.
- FREITAS, K. R.; ROSA, B.; RUGGIERO, J. A.; NASCIMENTO, J. L.; HEINEMAM, A. B.; FERREIRA, P. H.; MACEDO, R. Avaliação do capim Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 27, no. 1, p. 83-89, Jan./March, 2005.
- FULKERSON, W. J.; DONAGHY, D. J. Plant soluble carbohydrate reserves and senescence – key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass based pasture: a review. **Austral. Journ. Experim. Agricult.**, v. 41, p.261-275, 2001.
- GARCEZ NETO, A. F.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M.; MOSQUIM, P. R.; GOBBI, K. F. Respostas morfológicas e estruturais de *Panicum Maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Rev. Bras. de Zoot.**, v. 31, n. 05, p. 1890-1900, 2002.
- GASTAL, F.; NELSON, C. J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, v.105, p.191-197, 1994.
- GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Índices Morfológicos e de Crescimento durante o Estabelecimento e a Rebrotagem do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). **Rev. Bras. de Zootec.**, v. 32, p.795-803, 2003.
- GOMIDE, J. A. Aspectos biológicos e econômicos da adubação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 1, 1989, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUMEP, p.237-270, 1989.
- HERLING, V. R.; BRAGA, G. J.; LUZ, P. H. C. Tobiata, Tanzânia e Mombaça. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 17., Piracicaba, 2000. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.21-64. 2000.
- HODGSON, J. **Grazing management. Science into practice**. Longman Group UK Ltd., 1990.

- KRON, A. P.; SOUZA, G. M.; RIBEIRO, R. V. Water deficiency at different developmental stages of *Glycine max* can improve drought tolerance. **Bragantia**, v. 67, p. 43-49, 2008.
- LEAL, R. M.; PRADO, R. M. Desordens nutricionais no feijoeiro por deficiência de macronutrientes, boro e zinco. **Rev. Bras. de Ciênc. Agrár.** Recife, v. 3, n. 4, p.301-306. 2008.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. The ecology and management of grazing systems. **Guilford**: CAB International. p.3-36. 1996.
- LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; DA SILVA, R. G.; LOPES, J. W. B.; FERNANDES, F. R. B.; LACERDA, C. F.; BEZERRAS, F. M. Fluxo de biomassa em capim-Massai durante o estabelecimento e rebrotação com e sem adubação nitrogenada. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 60, n.3, p. 363-371, 2013.
- LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G.; BEZERRA, F. M. L. Componentes estruturais do resíduo pós-corte em capim-massai adubado com cinco doses de nitrogênio. **Rev. Ciên Agron.**, v. 42, n. 2, p. 518-525, 2011a.
- LOPES, M. N.; POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; LACERDA, C. F.; DA SILVA, R. G.; FERNANDES, F. R. Growth index in massai grass under different levels of nitrogen fertilization. **R. Bras. Zootec.**, v.40, n.12, p.2666-2672, 2011c.
- MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.45, n.4, p.415-422, 2010.
- MAGALHÃES, J. A.; LOPES, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. L.; BARROS, N. N.; MATTEI, D. A. Influência da adubação nitrogenada e da idade de corte sobre o rendimento forrageiro do capim-elefante. **Rev. Ciên. Agron.**, v. 37, n. 01, p. 91-96, 2006.
- MARTUSCELLO, J. A.; DA SILVA, L. P.; CUNHA, D. N.F. V.; BATISTA, A. C. S.; BRAZ, T. G. S.; FERREIRA, P. S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Cienc. anim. bras.** v.16, n.1, p. 1-13, 2015.
- MARTUSCELLO, J. A.; FARIA, D. J. G.; CUNHA, D. N. F. V; FONSECA, D. M. adubação nitrogenada e partição de massa seca em plantas de *brachiaria brizantha* cv. xaraés e *panicum maximum x panicum infestum* cv. Massai. **Ciênc. agrotec.** Lavras, v. 33, n. 3, p. 663-667, 2009.
- MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P. M.; CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRA, L. M. Características morfológicas e estruturais de capim-Massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Rev. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p.665-671, 2006.
- MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P. M.; JUNIOR, J. I. R.; CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRA, L. M. Características morfológicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Rev. Bras. de Zootec.**, 34:1475-1482. 2005.
- MARTUSCELLO, J. A.; GOMES, R. A.; CUNHA, D. N. F. V.; SANTOS, A. M.; SALLES, R. R.; MAJEROWICZ, N. Acúmulo de biomassa e uso do nitrogênio em plantas de *Pennisetum purpureum* (Schum.) cv. Mineiro, supridas com formas orgânicas de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2001.

MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. **Grass and Forage Science**, v. 49(2), p. 111-120, 1994.

MESQUITA, E. E.; NERES, M. A. Morfogênese e composição bromatológica de cultivares de *Panicum maximum* em função da adubação nitrogenada. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.9, n.2, p. 201-209, 2008.

MONTAGNER, D. B. **Morfogênese e acúmulo de forragem em capim-Mombaça submetido a intensidades de pastejo rotativo**. Tese-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2007.

MOREIRA, L. M.; MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; MISTURA, C.; MORAIS, R. V.; JÚNIOR, J. I. R. Perfilamento, acúmulo de forragem e composição bromatológica do capim-braquiária adubado com nitrogênio. **Rev. Bras. Zootec.**, v.38, n.9, p.1675-1684, 2009.

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 213-251. 1997.

NAIFF, A. P. M. **Crescimento, composição mineral e sintomas visuais de deficiências de macronutrientes em plantas de *Alpinia purpurata* cv. Jungle King**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 77 p. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 2007.

OLIVEIRA, A. B.; PIRES, A. J. V.; MATOS NETO, U.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. **Rev. Bras. de Zootec.**, v. 36(4), p. 1006-1013, 2007.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; DA SILVA, S. C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 618-625, abr. 2009.

PEIXOTO, A. M; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Produção de bovinos a pasto**. PIRACICABA: FEALQ, p, 15 - 95. 2001.

PEREIRA, V. V.; FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A.; BRAZ, T. G. S.; SANTOS, M. V.; CECON, P. R. Características morfogênicas e estruturais de capim-mombaça em três densidades de cultivo adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2681-2689, 2011.

POZZA, A. A. A.; MARTINEZ, H. E. P; CAIXETA, L. S. C; CARDOSO, A. A; ZAMBOLIM, L.; POZZA, E. A. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em duas mudas de cafeeiro. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60. 2001.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

ROCHA, P. G. Adubação nitrogenada em gramíneas do Gênero *Cynodon*. **Ciênc. Anim. Brasil.**, Goiânia, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2002.

SALVADOR, J. O; MOREIRA, A; MURAOKA, T. Sintomas de deficiências de micronutrientes e Composição Mineral de folhas em mudas de goiabeira. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1655-1662, 1999.

- SANTOS, P. M.; BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M. Características morfogênicas e taxa de acúmulo de forragem do capim-mombaça submetido a três intervalos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 843-851, 2004.
- SILVA, C. C. F.; BONOMO, P.; PIRES, A. J. V.; MARANHÃO, C. M. A.; PATÊS, N. M. S.; SANTOS, L. C. Características morfogênicas e estruturais de duas espécies de braquiária adubadas com diferentes doses de nitrogênio. **Rev. Bras. de Zootec.**, v. 38, p. 657-661, 2009.
- SILVA, M. J. D.; CÂNDIDO, M. J. D.; NEIVA, J. N. M.; LÔBO, R. N. B.; SILVA, D. S. Características estruturais do dossel de pastagens de capim-tanzânia mantidas sob três períodos de descanso com ovinos. **Rev. Bras. de Zootec.**, v. 36, p.1255-1265, 2007 a.
- SILVA, R. G.; NEIVA, J. N. M.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOBO, R. N. B. Aspectos comportamentais e desempenho produtivo de ovinos mantidos em pastagens de capim-tanzânia manejado sob lotação intermitente. **Ciênc. Anim. Brasil.**, v. 8, p. 609-620, 2007 b.
- SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v. 35, p. 4-10, 1995.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets; II – Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**. 70, p 236213577, 1992.
- SOUSA, D. M. G.; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. Usp de Gesso, calcário e adubos para pastagens no Cerrado. **Circular técnica nº 12**, Embrapa Cerrados. Planaltina. 22 p. 2001.
- SOUZA, A. G. SOARES FILHO, C. V., MELLA, S. C. Espécies forrageiras recomendadas para o Paraná. In: MONTEIRO, A.L.G., MORAES, A., CORRÊA, E.A.S. et al. (Eds.). Forragicultura no Paraná. Londrina: CPAF. p.196-205. 1996.
- SOUZA, R. J; CARVALHO, J. G. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. **Ciênc. Agrot.**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 905-916, 2000.
- SUGIYAMA, S.; YONEYAMA, M.; TAKAHASHI, N.; GOTOH, K. Canopy structure and productivity of *Festuca arundinaceae* Schreb, swards during vegetative and reproductive growth. **Grass and Forage Science**, v. 40, p. 49-55, 1985.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: E.Atmed, 819 p. 2009.
- VAN SOEST, P. J. Physico-chemical aspects of fibre digestion. **Digestion and Metabolism in the Ruminant**, v. 1, p. 351-365, 1975.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and monstarch polysacharides in relation to animal nutrition. **Journ. Dair. Scienc.**, 74, p.3586 – 3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed., Cornell University Press, p, 476, 1994.
- VITOR, C. M. T.; FONSECA, D. M.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; JÚNIOR, D. N.; JÚNIOR, J. I. R. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.3, p.435-442, 2009.

VOGEL, K. P.; PEDERSEN, J. F.; MASTERSON, S. D.; TOY, J. J. Evaluation of a filter bag system for NDF, ADF, and IVDMD forage analysis. **Crop Sci.** v. 39, p. 276–279, 1999.

VOLENEC, J. J.; NELSON, C. J. Responses of tall fescue leaf meristems to N fertilization and harvest frequency. **Crop Science**, v.23, p.720-724, 1983.

WERNER, J.C. Adubação de pastagens de *Brachiaria spp.* In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. p.209-222.